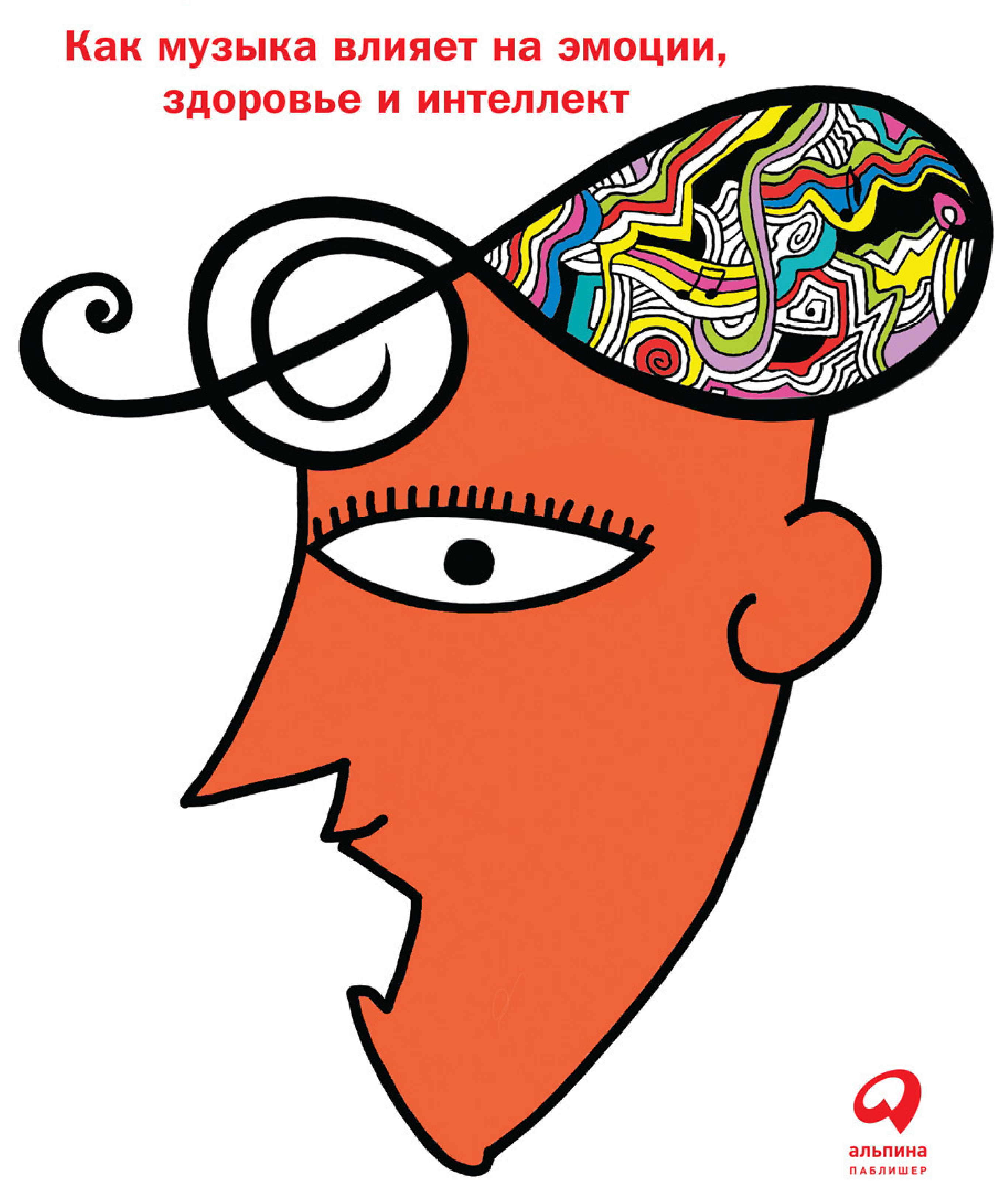
Аре Бреан, Гейр Ульве Скейе

Музыка и мозг

Как музыка влияет на эмоции, здоровье и интеллект



альпина паблишер

Аре Бреан

Музыка и мозг

«Альпина Диджитал»

2019

Бреан А.

Музыка и мозг / А. Бреан — «Альпина Диджитал», 2019

ISBN 978-5-96-143306-7

Мозг знает о нас всё и управляет нами. А еще он очень чутко реагирует на музыку – так, что ищет мелодии и ритмы даже в повседневном шуме. Многие из нас считают, что мелодия и гармония – лучшие лекарства от хандры, а прослушивание классических музыкальных произведений может сделать нас умнее и излечить серьезные недуги. Правда ли это? Неужели музыка действительно обладает такой силой воздействия на организм человека? Норвежские преподаватели нейробиологии музыки Аре Бреан и Гейр Ульве Скейе помогают заглянуть внутрь собственной головы и посмотреть, что там происходит, когда вы слушаете любимую песню.

ISBN 978-5-96-143306-7

Содержание

Аре Бреан, Гейр Ульве Скейе
Музыка и мозг: Как музыка влияет на эмоции, здоровье и интеллект

Перевод выполнен при финансовой поддержке NORLA

Переводчик *Дарья Гоголева*
Научный редактор *Всеволод Баронин*
Редактор *Екатерина Дунаева*
Главный редактор *С. Турко*
Руководитель проекта *О. Равданис*
Арт-директор *Ю. Буга*
Корректоры *Е. Аксёнова, О. Улантикова*
Компьютерная верстка *М. Поташкин*
Иллюстрации макета и обложки *Iben Sandemose*

*** * ***





Вступление

Наш мозг выглядит не то чтобы впечатляюще: это кусочек серой, морщинистой, мягкой и уязвимой массы весом чуть больше килограмма. На первый взгляд, в черепной коробке, кроме него, ничего нет. Однако именно из этой скрытой от посторонних глаз массы берет начало все человеческое. Культура и общественный строй. Все наши мысли, надежды, планы и мечты. Вся людская радость, печаль, любовь и сомнение. И, разумеется, вся музыка, написанная, сыгранная и прослушанная за историю человечества.

Фактически во всей известной нам Вселенной не существует ничего, что было бы устроено так сложно. В мозге около 80 миллиардов нервных клеток (нейронов), каждая из которых образует связи с примерно семью тысячами таких же нервных клеток. Кроме того, в нашем мозге есть и другие клетки, необходимые для работы мозга, – их называют глиальными. Никто точно не знает, сколько у нас глиальных клеток, но, по некоторым оценкам, их как минимум столько же, сколько и нервных клеток. Вместе они образуют невероятно сложную сеть, о деятельности которой мы до недавних пор знали крайне мало. Но в последние десятилетия в науке о человеческом мозге произошел прорыв благодаря новейшим технологиям, позволяющим узнать гораздо больше об устройстве и функциях мозга и исследовать как отдельные клетки, так и их совокупности. Однако мы едва ли когда-нибудь сможем изучить наш мозг полностью – настолько он сложен. Потому что, когда мы изучаем его, на самом деле он изучает сам себя. В этом и заключается парадокс: допустим, если бы мозг был устроен достаточно просто для того, чтобы мы могли полностью его понять, тогда мы сами были бы столь простыми существами, что нам бы это не удалось.

В прежние времена мозг недооценивали. Это один из немногих органов, который древние египтяне даже не бальзамировали, чтобы взять с собой в загробную жизнь. Зато музыка, напротив, во все времена была на особом положении. Греки, например, считали, что благодаря музыке в теле появляется душа: нет музыки – нет души. Похожие представления существовали и во многих других культурах. В самом деле, не известно ни одной культуры, в которой не было бы музыки. Музыка – это основополагающая деятельность, а музыкальность – основополагающее качество для человека. К тому же некой музыкальностью обладают и многие животные, например все млекопитающие. Воющих хором волков можно сравнить с людьми, которые общаются посредством музыки. То же касается поющих китов и птиц.

Самым древним из дошедших до нас музыкальных инструментов около 40 000 лет – они ровесники наскальных рисунков. Но, вероятно, уже 100 000–200 000 лет назад *Homo sapiens* умели создавать простые инструменты, такие как барабаны и флейты, и даже совместно играли на них. Многие исследователи считают, что это способствовало установлению социальной принадлежности, возникновению коммуникации и совместного труда. Некоторые также предполагают, что музыка была важна для развития языка. Младенцы с рождения узнают и различают ритмы, интервалы и звукоряды, они также способны воспринимать акустические характеристики слогов и мелодию (просодию) в языке. Путь маленьких детей к общению с помощью языка начинается с музыкальной коммуникации.

Одно из самых удивительных качеств мозга – его изменчивость. Все, что мы чувствуем, изучаем и делаем, заставляет наш мозг непрерывно меняться в течение всей нашей жизни. Когда мы вечером ложимся спать, наш мозг уже немножко не такой, каким был, когда мы проснулись утром того же дня. Это качество называется *нейропластичностью*. Именно благодаря нейропластичности, то есть способности мозга изменяться, мы можем узнавать новое всю жизнь.

Музыка имеет особое свойство – она вызывает всевозможные чувства и очень точно передает эмоциональную информацию. Благодаря этому музыка является идеальным инструментом для изучения эмоций в мозге. Ведь мы слушаем ее именно мозгом, а не ушами.



Но между волнами в воздухе, формирующими звуковой сигнал, и впечатлениями от музыки лежит долгий путь. В этой книге мы начнем путешествие с главы «От волн в воздухе – к электричеству в мозге» и закончим главой «От музыки – к эмоции».

Музыка способна активировать в мозге систему поощрения. А следовательно, она имеет уникальную возможность изменять его. Среди всех видов человеческой деятельности найдется не так много тех, что меняют наш мозг в той же степени, что и занятия музыкой (читайте об этом в главе «Нейропластичность»). Исследования указывают на характерные изменения в мозге людей, профессионально занимающихся музыкой, и эти изменения можно оценивать как результат почти совершенного естественного эксперимента: что сделают с мозгом 10 000 часов игры на музыкальном инструменте? Подробнее мы поговорим об этом в главе «Мозг музыканта».

Сегодня музыка – общественное достояние. Она доступна каждому, и, осознанно или нет, большинство из нас слушают ее ежедневно. Как это на нас влияет? Приносит ли способность музыки влиять на мозг какую-то пользу за пределами собственно самой музыкальной сферы? Можно ли использовать музыку в терапии?

Об этом расскажет последняя из трех частей книги. Она позволит понять, как знания о *влиянии мозга на музыку* (мы поговорим об этом в первой части) и о *воздействии музыкальных впечатлений на мозг* (а об этом – вторая часть) помогают в *терапевтической работе с людьми, имеющими различные заболевания мозга* .

В первой части книги – «Что мозг делает с музыкой» – мы понаблюдаем за тем, как протекает удивительный процесс, начинающийся с образования звуковых сигналов и заканчивающийся формированием музыкального впечатления.

От ударной волны – к звуку. Что происходит в ухе, когда механическая энергия ударной волны превращается в электрические сигналы, посылаемые к мозгу?

От звука – к тону. Чем отличаются звук и тон (музыкальный звук, обладающий определенной высотой и тембром)? Когда струна или иной физический объект совершает гармонические колебания, образуется чистый тон. Это явление довольно редко встречается в природе, но без него музыки не бывает. Мы покажем, как мозг с помощью различных характеристик тона создает то, что мы зовем высотой тона и тембром.

От тона – к тембру, аккордам и гармонии. В этой главе мы опишем физические условия, необходимые для создания консонанса и диссонанса в органах слуха, а затем и в мозге.

…И далее – к мелодии, ритму и движению. Мелодию и ритм создают тоны, объединяясь в различные временны́е и гармонические структуры. Этот процесс задействует множество отделов мозга, отвечающих за восприятие времени и контролирующих движения (базальные ядра и мозжечок), а также первичные и вторичные/ассоциативные слуховые зоны в височных долях обоих полушарий, правую теменную долю и некоторые области лобных долей. Действительно, можно сказать, что восприятие музыки активизирует работу всего мозга. Музыка, как и язык, – это вариации звуков во времени. В моменты прослушивания и анализа музыкального произведения перед мозгом встают непростые задачи. Отчасти этот процесс можно сравнить с системным анализом одновременно нескольких параметров, так как высота тона, тембр и аккорды должны быть проанализированы параллельно. Одновременно движение тона, мелодическая линия, ритм и темп создают изменяющиеся со временем звуковые схемы и структуры. Мозгу приходится все время собирать информацию и последовательно проводить ее системный анализ. В конце концов последовательно выстроенные схемы все вместе образуют полноценное музыкальное впечатление.

…И наконец, эмоции. Музыка обладает уникальной способностью вызывать богатый спектр эмоций – от страха до радости и печали. При этом эмоции сопровождаются такими физиологическими реакциями, как изменение частоты пульса и электрической активности кожи или даже ознобом и мурашками. При этом самочувствие человека не ухудшается. Когда люди слушают любимую музыку, с помощью таких технологий, как магнитно-резонансная терапия и позитронно-эмиссионная томография, можно наблюдать за активацией системы поощрения мозга (среди прочего в прилежащем ядре и гиппокампе). И напротив, те отделы мозга, которые отвечают за дискомфорт и страх (миндалевидное тело и некоторые отделы островковой доли), активизируются во время прослушивания музыки, которая человеку неприятна.

Во второй части книги – «Что музыка делает с мозгом» – мы рассмотрим мозг музыканта, его структурные и функциональные изменения и их значение.

Когда пианист слышит игру на фортепиано, в его мозге активируется зона, отвечающая за моторику пальцев. Многие пианисты говорят, что начинают непроизвольно шевелить пальцами, когда слышат те произведения, которые когда-то исполняли. Другими словами, и при исполнении, и при прослушивании музыкального произведения происходит коактивация аудиальной и моторной систем мозга. Если человек, не являющийся музыкантом, начнет по 20 минут в день играть на фортепиано простую мелодию, то уже через пять дней будет заметна активность отвечающей за пальцы зоны мозга, если испытуемый вдруг услышит «свою» мелодию. Нейропластические изменения проявляются очень быстро. Что же произойдет с музыкантом, который провел за инструментом минимум 10 000 часов и достиг профессионального уровня?

В последней, третьей части книги – «Музыка как лекарство» – мы объясним, как музыка применяется для лечения некоторых заболеваний мозга и нервной системы. Например, обнаружено, что пациенты с болезнью Паркинсона начинают быстрее двигаться и им становится легче ходить, если в терапии используются танцы и ритмичная музыка. Ритм связан с ожиданием, а потому побуждает человека к движению. Это *процесс с прямой связью*, который помогает пациентам с болезнью Паркинсона поймать ритм и начать двигаться. Регулярные занятия музыкой приносят пользу не только при болезни Паркинсона, но и при инсульте, поскольку музыка активирует все моторные системы мозга. А некоторые пациенты с афазией (расстройством речи) после инсульта или иного повреждения речевых отделов мозга по-прежнему могут петь. Это свойство музыки используется для восстановления речи при афазии. При нарушениях такого типа действенными оказываются пение и музыкальная терапия – они позволяют добиться нейропластических изменений и улучшить состояние пациента.

Известно, что интеллектуальная деятельность уменьшает риск развития деменции. Известно также, что обучение игре на музыкальном инструменте, кроме всего прочего, улучшает ряд когнитивных способностей. Проведенное на близнецах исследование, во время которого только один из пары играл на музыкальном инструменте во взрослом возрасте, доказало, что музыка препятствует развитию деменции. Есть вероятность, что музыка помогает замедлить ослабление когнитивных способностей, а также развитие деменции. Данные ряда исследований и отчетов продемонстрировали пользу музыки при лечении пациентов с различными формами деменции. Музыка оказывает стимулирующий эффект, способна пробуждать ресурсы организма и улучшать коммуникативные способности у страдающих деменцией.

Но давайте обо всем по порядку.



Что мозг делает с музыкой



Когда появилась музыка?

Органы слуха, позже превратившиеся в уши, появились в процессе эволюции довольно поздно, намного позже всех прочих органов чувств. Следовательно, мы можем утверждать, что звуковые волны существовали и на заре времен, а собственно звуки появились на поздних стадиях эволюции. Для физика звук – это энергия. Для психолога или невролога, напротив, понятие звука связано с впечатлением/восприятием этой энергии. Без принимающего аппарата – то есть уха – и слуха, которые могут превратить звуковую энергию во впечатление, звука в полном значении этого слова не существует. Развитие слуха – это потрясающая история об адаптации: сначала к жизни в воде, затем на суше. И наконец человек встал на ноги – сперва на четыре, а потом и на две. Читайте об этом в главе «От волн в воздухе – к электричеству в мозге».

Музыка звучит повсюду – но зачем?

Нет ни одной культуры без музыки. И во всех культурах музыка звучит во время праздников, в моменты радости и печали и в качестве сопровождения различных обрядов перехода: рождений, свадеб и похорон. Все религии используют музыку в той или иной форме во время богослужений – это или ритмичное повторение текстов (с мелодией или без), или игра на ритуальных инструментах. Музыку также часто используют во время совместного труда. Мы слышим музыку во время спортивных состязаний, в ресторанах, лифтах и концертных залах. Она звучит повсюду – и во всех культурах во все времена людям приносило радость ее исполнять и слушать. Но почему?

В отличие от изобразительного искусства, языка и большинства других присущих человеку видов самовыражения, у музыки нет внешней формы. Слова и изображения, как правило, являются символами конкретных явлений и предметов, но мелодия, гармония или ритмика не имеют подобных аналогов или соответствующих им явлений во внешнем мире. Однако для нас музыка обладает коммуникативной ценностью. Почему? И какова ее функция?

Как мы скоро увидим, на этот счет есть несколько теорий.

Нетрудно понять значение главных видов деятельности человека для эволюции. Интуитивно понятен, например, тот факт, что чувство голода, смешанное с радостью и удовлетворением после приема пищи, поспособствовало развитию изысканных кулинарных традиций. Без интереса к еде не выжил бы ни отдельный человек, ни весь вид. То же самое касается и секса: сексуальность тесно связана с радостью и желанием, потому что имеет огромное значение для выживания вида. И многие могут испытывать к музыке ту же страсть, какую испытывают к еде и сексу.

Правда, значение музыкальности для эволюции не так очевидно. Но так или иначе музыка, а точнее *предпосылки* для развития музыкальности, должны быть заложены глубоко в нашей биологии и генах. Еще 150 лет назад Чарльз Дарвин размышлял о том, почему так произошло: «…О*чень вероятно, что предки человека, мужского или женского пола или обоих полов, прежде чем приобрели способность выражения взаимной любви с помощью членораздельной речи, пытались очаровывать друг друга музыкальными звуками и ритмом*»[1].

Младенчество музыки

Даже первые человекообразные обезьяны, существовавшие почти 20 миллионов лет назад, вероятно, применяли для коммуникации различные звуки. Скорее всего, они пользовались вариациями тона, ритма и высоты тембра – так родилась ранняя «музыкальность», краеугольный камень нашего эмоционального отклика на музыку. Набор звуков, разумеется, был весьма ограничен, однако он значительно изменился в ходе эволюции, когда примерно шесть миллионов лет назад мы отделились от шимпанзе, а еще на несколько миллионов лет раньше – от горилл. И шимпанзе, и гориллы используют звуки для передачи эмоций и обозначения ограниченного набора понятий, в том числе чтобы подать сородичам сигнал об опасности. Но их звуковую коммуникацию нельзя сравнить с нашей устной речью или с тем, что мы называем музыкой. Эмоциональность – предпосылка для развития высокого уровня интеллекта и способности быть частью общества.

Праматерь человеческого рода Люси (*Australopithecus afarensis*) жила в Африке три с половиной миллиона лет назад. Мозг Люси был не крупнее мозга шимпанзе, однако она находилась в большой группе особей, которая предъявляла совершенно иные требования к коммуникации. Сложность ежедневного общения возрастала, росла при этом и потребность в развитии способности делиться эмоциями и намерениями, а также способности взаимодействовать. Современные обезьяны используют для коммуникации мимику, жесты и звуки.

Примерно полтора – два миллиона лет назад человек уверенно встал на две ноги. Мозг *Homo ergaster* весил около килограмма (примерно столько же весит мозг современного двухлетнего ребенка), а анатомические изменения, которые проявились вследствие хождения на двух ногах, облегчили использование тела как музыкального инструмента. Позвоночный столб расположился прямо под черепом, а гортань опустилась. Благодаря этому увеличились резонаторы в глотке и черепе. Так же, как и у Люси, у *Homo ergaster* не было хищных зубов, которые по-прежнему есть у шимпанзе и горилл. Более мелкие зубы расширили возможности для

---

[1] Дарвин Ч. Происхождение видов. – М.: Эксмо, 2016.

артикуляции дифференцированных звуков. Помогли человеку и некоторые другие изменения. Чтобы охотиться, *Homo ergast*er приходилось бегать на большие расстояния и с приличной скоростью, что повысило требования к ритмичности движений. Развитие моторного ритма стало предпосылкой для поддержания внутреннего ритма в течение долгого времени. Сегодня это важное требование к музыканту – и, возможно, основа «феномена захвата ритма», то есть врожденной способности отстукивать такт или двигаться в ритме музыки, которую человек слышит в данный момент. Эта способность присуща исключительно людям. Только человек может автоматически следовать музыкальному ритму или бессознательно копировать ритмичные движения группы людей, с которыми он бежит или идет рядом, или хлопать в ладоши в такт. А еще доказано, что даже новорожденные способны интуитивно находить в музыке ритм и следовать ему.

Рожденные для музыки

Прямохождение изменило строение таза. Он стал у́же. Поэтому дети появляются на свет до того, как их мозг разовьется в достаточной степени, – это явление получило название «проблема беспомощности новорожденного». Подсчитано, что беременность должна длиться минимум 18 месяцев, чтобы новорожденный ребенок был развит так же, как детеныши прочих млекопитающих.

Беспомощному, не готовому к жизни новорожденному требовался своего рода суррогат матки, олицетворяющей физическую безопасность. За ее пределами ребенку нужно было что-то, что могло ее заменить. Чувство безопасности новорожденному могла дать звуковая коммуникация. Так песня стала первым и самым важным «контактом на расстоянии» между матерью и ребенком и способствовала укреплению связи между ними. Вот как писал Пер Сивле: *«Услышал я впервые песнь, / Что пела моя мама. / Ее слова от сердца шли / И слезы осушали»*. А специалист в области психологии развития Колвин Тревартен высказал следующее мнение: *«Мы рождаемся с музыкальными мудростью и аппетитом»* (Trevarthen,1999).

С самого рождения младенцев привлекает музыка. Для них это естественный, инстинктивный язык. Общаясь с детьми, мы как бы неосознанно начинаем петь. Наш голос становится выше, мы четче артикулируем гласные и акцентируем смену высоты тона. Младенцы начинают понимать музыкальное (эмоциональное) содержание речи раньше, чем учатся вычленять и понимать отдельные слова. Таким образом, путь ребенка к общению с помощью языка проходит через музыку. Шестимесячные младенцы, которым показывают снятых на видео матерей, быстрее успокаиваются и смотрят видео более внимательно, если мать поет, а не разговаривает. Также доказано, что уровень стресса у детей (если судить по уровню кортизола в слюне) снижается активнее, когда они слышат песни матери, а не ее речь. На основе экспериментальных данных можно с уверенностью утверждать, что младенцы предпочитают именно музыкальную форму коммуникации. Мы рождаемся с потребностью в музыке и способностью успокаиваться с ее помощью.



Эмбрион в процессе развития проходит множество стадий: одноклеточный организм, плод с жаберными дугами, похожими на имеющиеся у рыб и амфибий, – и наконец начинает все больше и больше напоминать сформировавшегося человека. Человек как вид во время эволюции (филогенеза) проходил поразительно похожие этапы. Параллель можно провести и в развитии музыки и языка: они, в свою очередь, прошли путь от доязыковой музыкальной коммуникации у первых гоминидов почти 20 миллионов лет назад до дифференцированных и высокоразвитых инструментов, точно передающих информацию, у *Homo sapiens*. Даже у первых гоминидов музыка была важным элементом групповой принадлежности, и это прочно закрепилось в нашей биологии. Этномузыколог Джон Блэкинг ссылается на то, что сам же называет доязыковым музыкальным модусом мыслей и поступков.

XMMMM

Наши эмоции – предпосылка для развития интеллекта и способности быть частью общества. Когда эволюция усложнила наше общение, появились новые требования к умению поделиться собственными эмоциями и распознать чужие. Одновременно с этим усилилась потребность влиять на эмоции других членов группы. Современные обезьяны для этого используют мимику, жесты и звуки. Очевидно, у первых гоминидов была особенно развита звуковая коммуникация, и они имели богатый опыт выражения собственных и считывания чужих эмоций посредством вокализации. Вероятно, для этого они варьировали высоту тона, ритм и тембр голоса. Именно так появилась музыкальность и был заложен первый камень в фундамент нашего эмоционального отклика на музыку. Нашим предкам пришлось стать крайне эмоциональными, чтобы выжить. В отсутствие языка музыкальная коммуникация, видимо, стала важнейшим способом как выразить собственные чувства, так и вызвать эмоциональный отклик у сородичей. Так наш мозг развил чувствительность к звукам музыки.

Мозг неандертальцев, живших в Европе и вымерших примерно 40 000 лет назад, по размеру совпадал с нашим. Они охотились большими группами и, должно быть, могли как-то общаться. Они создавали совершенное каменное оружие и пользовались им, но у них не было

ни наскальных рисунков, ни украшений, ни музыкальных инструментов для самовыражения. Будь у них вербальный или жестовый язык, наука обнаружила бы визуальные свидетельства этого. Хотя неандертальцы прожили на земле несколько тысяч лет, их развитие – как культурное, так и технологическое – в какой-то момент полностью остановилось. Что же послужило причиной? Как объяснить, что *Homo sapiens*, в отличие от них, оказались способны создать еще более совершенное оружие, наскальные рисунки, музыкальные инструменты и украшения примерно 50 000–70 000 лет назад, а вероятно, и ранее?

У неандертальцев явно – в той или иной форме – существовала *музыка*. Видимо, они передавали эмоции и настроение, предотвращали и провоцировали конфликты, утешали и приободряли друг друга, инициировали половой акт и проявляли заботу с помощью довольно сложных звуков. Такая система звуковой коммуникации имеет много общего с музыкой. Благодаря ей для укрепления связей и выражения доверия друг другу неандертальцы вместе пели и танцевали. Коммуникация такого типа, скорее всего, была крайне необходима людям, которые группами охотились на гораздо более крупных и опасных существ, чем они сами, например на мамонтов. Британский профессор археологии Стивен Митен описывает эту протомузыкальную коммуникацию аббревиатурой **ХММММ**.

Холизм – речь, подобно музыке, состояла из цельных фраз, а не из отдельных слов.

Манипуляция – речь использовалась скорее не для передачи информации, а для того, чтобы манипулировать чужим поведением.

Мультимодальность – коммуникация велась с помощью и тела, и голоса.

Музыкальность – для выражения эмоций, проявления заботы к младенцам, демонстрации сексуального интереса и укрепления групповой сплоченности использовались различные вариации высоты тона, ритма и тембра голоса.

Мимичность – речь подражала звукам окружающего мира.

А потом зазвучала музыка

Homo sapiens появились в Африке примерно 200 000– 300 000 лет назад. Вероятно, сначала их общение напоминало коммуникацию неандертальцев. В какой-то момент развитие коммуникации пошло в двух непохожих, но родственных направлениях. Развиваться стали язык и музыка. Первые достоверные свидетельства тому были обнаружены в африканской пещере Бломбос: символические артефакты, осколки камней с надписями, огромное количество красной краски для рисунков на теле, украшения, такие как ожерелья из ракушек, и сложные инструменты из костей – всему этому минимум 70 000 лет. В этот период *Homo sapiens* уже развили способность выражаться абстрактно и общаться с помощью символов, которые не относятся к высказыванию напрямую. Их язык уже имел синтаксис и грамматику – именно благодаря им стала возможна точная передача информации. Язык был краеугольным камнем для развития технологий и во многом поспособствовал тому, что *Homo sapiens* за короткое время одержали верх над гоминидами.

А как же музыка? Она продолжила свое существование. Первые музыкальные инструменты – барабаны и флейты – появились 40 000–50 000 лет назад, то есть одновременно с наскальными рисунками и другими формами искусства. С тех пор человека сопровождает музыка. Как и во времена неандертальцев, сейчас музыка – одно из самых эффективных средств для выражения эмоций, и она понятна всем. Музыка продолжает играть важнейшую роль в осознании себя частью целого – другими словами, объединяет. Это ее базовая функция, и она заложена глубоко в наших генах, биологии и мозге.

От волн в воздухе – к электричеству в мозге

Со стороны кажется, будто мозг – отшельник. Он устроился под защитой костей, которые мы зовем черепной коробкой. Там, внутри, тихо, темно и влажно. Но для нашего выживания, безусловно, необходимо, чтобы мозг в любой момент времени владел самой полной информацией о том, что происходит в окружающем мире, за пределами черепной коробки. Для этого у нас есть органы чувств.

С давних времен у человека выделяют пять чувств: вкус, обоняние, зрение, осязание и слух. Но в действительности все немного сложнее. Среди прочего у нас есть тактильные и температурные рецепторы в коже, проприоцепция – чувство, сообщающее о положении различных частей тела, а также чувство равновесия, благодаря которому мы понимаем, где верх, а где низ, и не падаем. Все это – информация о том, что происходит внутри тела и за его пределами.

Но органы чувств рассказывают нашему сознанию далеко не все. Они отфильтровывают многие данные, но за это мы должны быть благодарны. Каждую секунду наши органы чувств принимают миллионы сигналов – такое количество информации мы просто не в состоянии обработать. К тому же в окружающем мире есть явления, на которые наши органы чувств не реагируют, например радиоволны, химические реакции и электромагнитное излучение, – их мы просто не видим или не чувствуем. Но, несмотря на то, что наши ощущения – это лишь осколки имеющейся в мире информации, наш мозг выстраивает полную и цельную картину, без дыр и пробелов. И этого достаточно, чтобы ориентироваться в пространстве и реагировать на внешние условия. Такими нас сделала эволюция.

Одно из важнейших чувств – слух. Главным образом через него мы воспринимаем музыку. Однако это лишь часть правды. Ведь другие органы чувств тоже участвуют в формировании музыкального впечатления с помощью мультимодального восприятия. Поэтому в этой главе мы будем говорить не только о слухе (к нему мы вернемся позже). Прежде всего мы поговорим о том, как люди развили удивительную способность воспринимать звуки.

Первые слушатели

Первым появившимся на Земле слушателям – рыбам – ухо, подобное нашему, никогда не было нужно. Звуковые волны сквозь воду проходят напрямую в их тело (в составе которого тоже много воды), скелет и череп. В черепе рыбы есть маленькая наполненная жидкостью полость – в ней расположены волосковые клетки, которые преобразуют вибрации в электрические сигналы, а уже эти сигналы мозг воспринимает как звуки. Сначала низкочастотные волны лишь создавали вибрации в вестибулярном аппарате рыб, но информация, которую они несли, оказалась столь полезной, что для ее восприятия постепенно развилось отдельное чувство – слух. Остатки этого механизма сохранились в анатомии человека: вестибулярный аппарат и орган слуха – улитка (*cochlea*) – по-прежнему расположены глубоко в височной кости и тесно связаны друг с другом. А улитка, наш звукочувствительный орган, по-прежнему наполнена жидкостью. У примитивных рыб в органе, отвечавшем за восприятие звуков, жидкость тоже имелась.

Благодаря развитию ушей и слуха животные получили возможность получать информацию с определенного расстояния. Поэтому мы считаем слух *дистантным ощущением*. Слух круглосуточно улавливает информацию обо всем происходящем во внешнем мире. Зрение, напротив, в конкретный момент времени фокусируется на одном объекте или небольшой области. Кроме того, слух имеет дополнительную функцию: с его помощью мы можем не только следить за происходящим, но и общаться на расстоянии.

Звукочувствительные органы, позже превратившиеся в уши, в процессе эволюции появились поздно, гораздо позже других органов чувств. Поэтому мы можем утверждать следующее: даже если вибрации существовали в атмосфере с начала времен, на Земле было довольно тихо до поздних этапов эволюции (вплоть до периода, начавшегося примерно 500 миллионов лет назад). Ведь для физика звук является энергией, а для невролога это понятие связано с восприятием, или перцепцией, звука. Если бы у нас не было органов слуха и слуховых систем мозга, то звуковые волны для нас бы просто не существовали, как радиоволны или гамма-излучение – явления, лежащие за пределами восприятия наших органов чувств.

Примерно 350 миллионов лет назад, когда мы, еще будучи амфибиями, переселились на сушу, слух был устроен очень просто. Вначале звуки по-прежнему воспринимались как вибрации земли, передаваемые напрямую в череп через височно-нижнечелюстной сустав. У змей и сейчас только вот такой ограниченный слух. Поэтому, если вы гуляете босиком, громче топайте ногами – тогда гадюка вас точно не укусит.

Через несколько миллионов лет мы подняли голову от земли, и такой тип слуха стал неэффективен. Энергия проходящей по воздуху звуковой волны намного меньше, чем у волны в воде. Если вы стоите на земле и кричите кому-то, кто находится под водой, вероятность того, что вас услышат, очень мала. Воде передастся лишь около 1 % энергии. Все дело в том, что плотность воды намного больше, чем плотность воздуха. Поэтому, чтобы привести в движение молекулы воды, воздух должен двигаться весьма интенсивно.

Перейти из воздуха в наполненные жидкостью полости в нашем внутреннем ухе звуковой волне помогает барабанная перепонка, которая со временем развилась как отдельный звукочувствительный орган. Одновременно два образования, первоначально являвшиеся частью височно-челюстного сустава у амфибий и змей, отделились и превратились в молоточек и стремечко в нашем среднем ухе. Чуть позже мы поговорим об их функции подробнее.

Звук – это прежде всего движение

Мы привыкли думать, что звуки издают инструменты. Но на самом деле это не так. Инструмент – источник движения. Позже это самое движение станет в нашем мозге звуком. Возьмем, например, гитару: если ударить по струне, механическая энергия слегка удлинит ее. Упругость, которой обладает струна, будет возвращать ее в исходное положение, но благодаря исходной энергии струна пройдет первоначальное положение и снова удлинится – уже в другом направлении. Так она будет качаться из стороны в сторону, как маятник. И в какой-то момент струна, как маятник, остановится. Но энергия не исчезнет. При колебании струны из стороны в сторону происходит сжатие воздуха в направлении движения, а с обратной стороны образуется немного вакуума. Так механическая энергия струны передается воздуху – рождается звуковая волна, состоящая из попеременно уплотненного и разреженного воздуха, – и распространяется, словно круги по воде. Следовательно, звуковая волна – это не что иное, как ударная волна, передающаяся в физической среде, в нашем случае – в воздухе.

Скорость ее распространения зависит от среды и температуры. При температуре воздуха 15 ºC она составляет примерно 340 метров в секунду. В других средах это происходит быстрее. В старых вестернах можно нередко увидеть сцены: индеец прикладывает ухо к земле или к рельсу и с загадочным видом сообщает о приближении всадников или поезда. Объяснить это просто: в твердой среде, такой как земля или камень, звук движется быстрее, чем в воздухе. Поэтому по земле топот лошадиных копыт разносится быстрее, чем по воздуху.



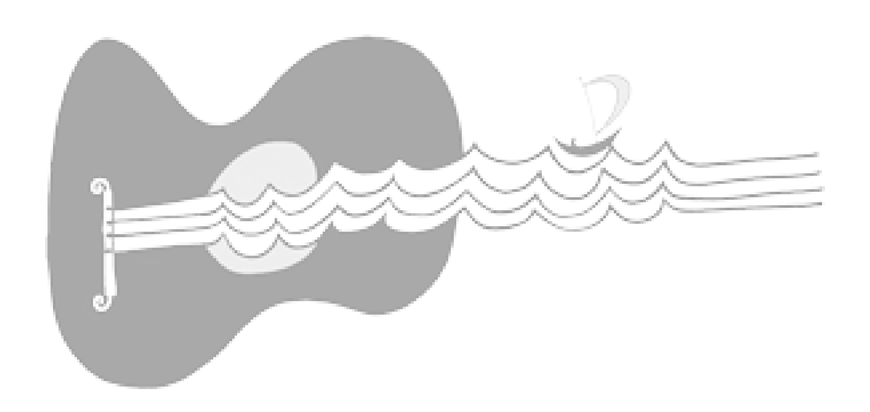
Когда энергия звуковой волны от гитарной струны достигает нашей головы, сначала она попадает во внешнее ухо, которое называют ушной раковиной. Этот нарост на внешней стороне черепа улавливает и усиливает звуковые сигналы, особенно те, которые ближе к верхней границе частотного диапазона. Поэтому ухо весьма чувствительно к частотам человеческого голоса. Не в последнюю очередь из-за этого мы лучше слышим согласные и с их помощью проводим границы между словами. Без высокочастотных согласных мы воспринимали бы речь как бесконечный связный поток гласных и не смогли бы отделить одно слово от другого. Поэтому звуковые помехи так усложняют понимание речи: как правило, они затрагивают именно эти частоты.

Из ушной раковины звуковые волны попадают в наружный слуховой проход. Он устроен так, что усиливает частоты, присущие человеческому голосу: канал сначала слегка сужается, а затем, ближе к барабанной перепонке, снова расширяется. Форма внешнего уха и слухового прохода способствует тому, что по пути от ушной раковины до барабанной перепонки давление звуковых волн увеличивается в 10 раз.

От энергии движения – к электрической энергии

На пути к нервной системе энергия гитарной струны перед тем, как стать электрической энергией, преобразуется сначала в волны в воздухе, затем в механическую энергию, а потом в волны в жидкости. Вот как это происходит.

Когда звуковые волны доходят до барабанной перепонки, она начинает двигаться, как кожа на барабане, когда по нему бьют палочками. Это, в свою очередь, запускает движение косточки, расположенной с внутренней стороны барабанной перепонки, – молоточка, или по-латыни *malleus*. Молоточек прикреплен еще к одной косточке, которую называют наковальней, или *incus*. А наковальня крепится к последней слуховой косточке – стремечку, или *stapes*. Поверхность стремечка – это лишь 1/16 часть поверхности барабанной перепонки. Таким образом, вся энергия переходит с барабанной перепонки в крошечную область – и потому возрастает во много раз. Кроме того, слуховые косточки усиливают звук, поэтому во внутреннем ухе энергия фокусируется еще лучше. Благодаря всему этому механическая энергия звуковой волны переходит во внутреннее ухо более эффективно. Человеческое ухо воспринимает колебания, размер которых не превышает диаметр одного атома водорода (наименьшего из атомов из всех химических элементов). Уму непостижимо! Так же невероятно, что наши уши продолжают работать на рок-концерте или возле работающего двигателя самолета: там уровень звукового давления составляет примерно от 130 до 140 децибел, что по силе в триллион раз превосходит порог слышимости – один децибел.

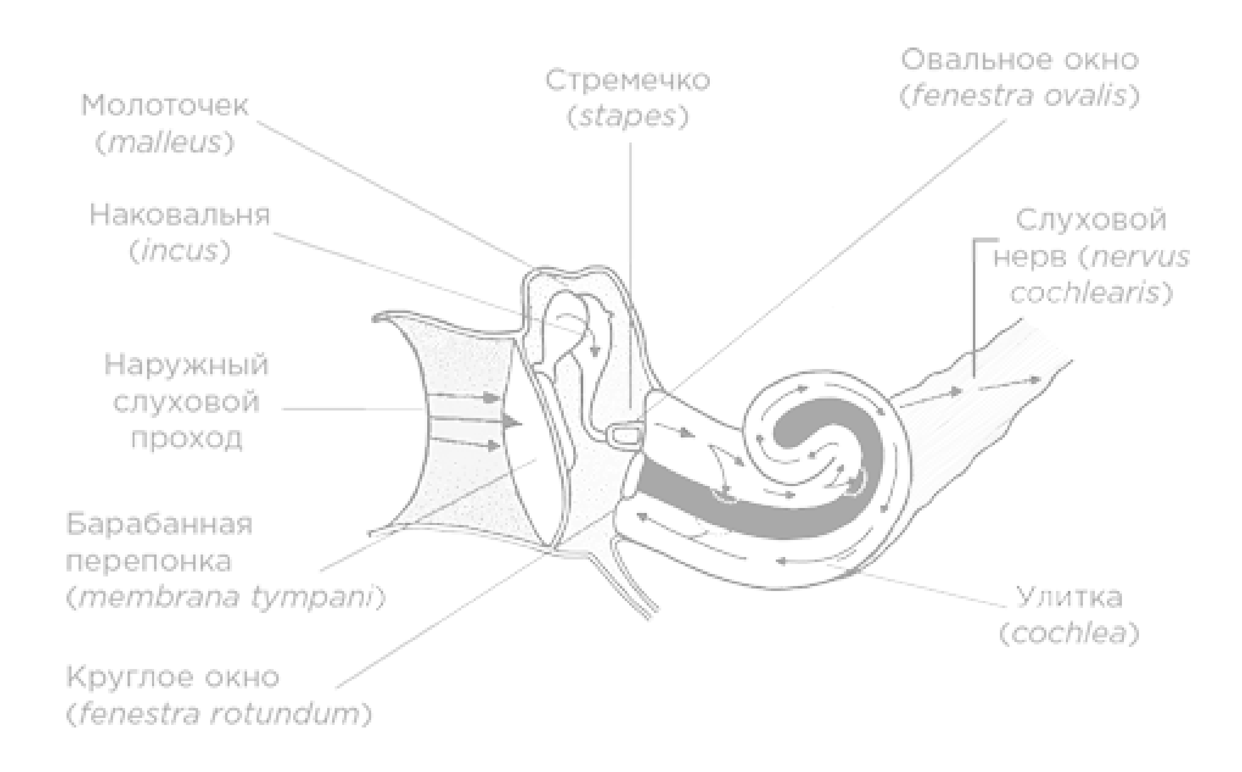


Косточка, расположенная из перечисленных глубже всего, – стремечко – прикреплена к овальному окну, напрямую связанному с улиткой (*cochlea*). Улитка – это система каналов, наполненных жидкостью и образующих почти три полноценных витка. Система разделена на три полости, которые, соответственно, называются *барабанная лестница, средняя лестница* и *лестница преддверия*. Когда барабанная перепонка в слуховом канале колеблется под воздействием звуковой волны, стремечко бьет по овальному окну, как бы ставя на него печать. Так энергия переходит в волны в жидкости (эндолимфе) во внутреннем ухе. От стремечка ударная волна идет через первый канал, барабанную лестницу, к самой вершине улитки – а затем в следующий канал, лестницу преддверия, к круглому окну. Как и волны в воздухе, волны в эндолимфе имеют разную длину. Представьте, что вы вытряхиваете коврик. Если вы трясете его быстро (с высокой частотой), волны будут короткими и плотными, а если медленно, их длина увеличится.

В улитке есть чувствительные органы, реагирующие на различные частоты колебаний жидкости во внутреннем ухе. Вместе они называются Кортиев орган. Каждый из них состоит из двух слоев так называемых волосковых клеток, прикрепленных к желеобразной текториальной мембране. Параллельно ей вдоль всего канала идет базилярная мембрана. Когда колебания эндолимфы смещают относительно друг друга базилярную и текториальную мембраны, волосковые клетки в Кортиевом органе движутся. Это открывает ионные каналы волосковых клеток и стимулирует соответствующие нервные клетки – они подают электрический сигнал. Нервные клетки всех волосковых клеток Кортиева органа образуют слуховой нерв – он передает сигналы дальше.

Базилярная мембрана настроена следующим образом: у входа она более узкая и натянута сильнее, чем в кончике улитки. Поэтому высокие тоны дают резонанс ближе к выходу – мембрана при этом колеблется, в то время как низкие тоны дают резонанс ближе к вершине, где базилярная мембрана шире и натянута слабее. За каждую частоту отвечает отдельная область мембраны, из-за чего она напоминает клавиатуру: волны, соответствующие высоким, или высокочастотным, тонам, посылают электрические сигналы у входа, а волны, соответствующие глубоким басовым тонам, – на вершине улитки. Позже мы увидим, что такую организацию высоких и низких тонов (она называется *тонотопия*) можно наблюдать вплоть до самой слуховой коры мозга.

В длину улитка составляет примерно 3,2 см и содержит около от 16 000 до 20 000 волосковых клеток. Они передают информацию в мозг посредством 32 000 нервных волокон, расположенных в слуховом нерве. Для сравнения: в сетчатке глаза около 100 миллионов сенсорных нейронов – от них информация переходит в нервные волокна (их около миллиона) зрительного нерва. Однако разница в цифрах ничего не говорит о том, какие впечатления и эмоции возникают в мозге благодаря этим органам. Спросите любителей музыки, и большинство из них уверенно ответит, что улитка – гораздо более важный орган.



Улитка – не просто пассивный слушатель

В улитке есть собственная система контрастного усиления – она помогает различать близкие друг к другу частоты. Звуковые волны, как и все прочие волновые сигналы, имеют пик. Волосковая клетка, расположенная на пике волны в базилярной мембране, стимулируется активнее, чем соседние. Однако соседние клетки также подвержены воздействию. Из-за этого мог бы начаться полный хаос, но природа создала умный механизм. Волосковая клетка не только отсылает сигнал «своей» клетке в слуховом нерве, но и приглушает соседние, сообщая: «Я распознала тон. Не волнуйтесь, я расскажу о нем мозгу». Таким образом, пик волны как бы становится еще выше, чем он есть на самом деле, и мозгу проще отделить друг от друга близкие тоны и частоты. Контрастное усиление делает работу органа слуха более четкой – мозг способен различить два тона, у которых волосковые клетки, отвечающие за работу с ними, находятся на базилярной мембране на расстоянии 0,02 мм друг от друга. А всего ухо различает около 1500 различных тонов. Такой тип контрастного усиления называется *латеральной ингибицией*, она наблюдается и в зрачке.

В ухе имеется и механизм для приглушения звука. В среднем ухе расположены две небольшие мышцы: *стременная мышца* и *мышца, напрягающая барабанную перепонку*. Они натягивают соответственно стремечко и барабанную перепонку, чтобы приглушить поступающие звуки и защитить ухо от слишком громких звуков. *Стременная мышца* – самая маленькая мышца тела – длиной не более миллиметра. Однако она играет очень важную роль. Если эта мышца парализована, возникает мучительная болезнь, называемая *гиперакузией*, – при ней даже обычные звуки воспринимаются как неприятно громкие.

Упомянутые мышцы выполняют еще одну важную функцию: приглушают для нас звук нашего голоса, когда мы говорим или поем, а также звуки, которые мы издаем во время жевания. Звук нашего голоса достигает ушей не только снаружи, как другие звуки, но и напрямую, посредством вибраций в черепе. Вибрации передаются напрямую от черепа в жидкость во внутреннем ухе. Это объясняет тот факт, что собственный голос кажется нам непривычным и странным, когда мы слышим его в записи, ведь мы воспринимаем его уже только через воздух – как и все остальные звуки.

Улитка не только отсылает информацию в мозг, но и *принимает* сигналы от него, являясь частью двустороннего канала коммуникации. Например, мозг сообщает, что нужно настроить чувствительность какой-то зоны улитки, приглушить или убрать мешающие и не нужные в данный момент звуки – или те, которые издает наше тело. Например, улитка приглушает звуки дыхания и сердцебиения, потому что они мешают восприятию. Иногда мы делаем это сознательно: в шумном кафе сосредотачиваемся на звуке одного-единственного голоса и приглушаем менее важные. Это явление называют эффектом коктейльной вечеринки, и его сложно ощутить тем, кто слышит только одним ухом. Два уха дают стереоэффект, и благодаря ему нам легче сосредоточиться только на одном источнике звука.

От уха – к мозгу

Превратившись в улитке в электрические импульсы, звуковые волны передаются в мозг по слуховому нерву, *nervus cochlearis*. Сигналы принимает определенный отдел в противоположном полушарии мозга – первичная слуховая кора. Но прежде, чем до нее дойти, сигналы должны побывать еще в нескольких точках. Слуховой нерв заканчивается в стволе головного мозга. Там сигналы переключаются.

От ствола головного мозга нервные волокна идут не только по «основному пути» – к слуховой коре в височной доле противоположного полушария, но и напрямую к слуховой коре того же полушария. Это важно для локализации источника звука, поскольку до слухового отдела противоположного полушария сигналы доходят быстрее, чем до лежащего в том же полушарии. Мозг понимает, что источник звука расположен ближе к тому уху, от которого сигналы доходят быстрее. Этот удивительный механизм позволяет различить источники звука, угол между которыми составляет всего два градуса. Соответственно, сигналы от них доходят с разницей во времени, составляющей 10 микросекунд! У всех сигналов разная сила звука и высота тона, и благодаря этому мозг понимает, спереди или сзади от него находится источник звука, движется он или стоит на месте.

Кроме того, на уровне ствола головного мозга существуют связи между входящими звуковыми сигналами и зонами, отвечающими за движения глаз. Эти связи отвечают за то, чтобы взгляд автоматически направлялся туда, откуда приходит неожиданный звук. Также из ствола головного мозга нейронные связи направляются прямо в те зоны, которые отвечают за всем известную реакцию вздрагивания (старт-рефлекс) – из-за нее мы подскакиваем, вдруг услышав громкий звук.

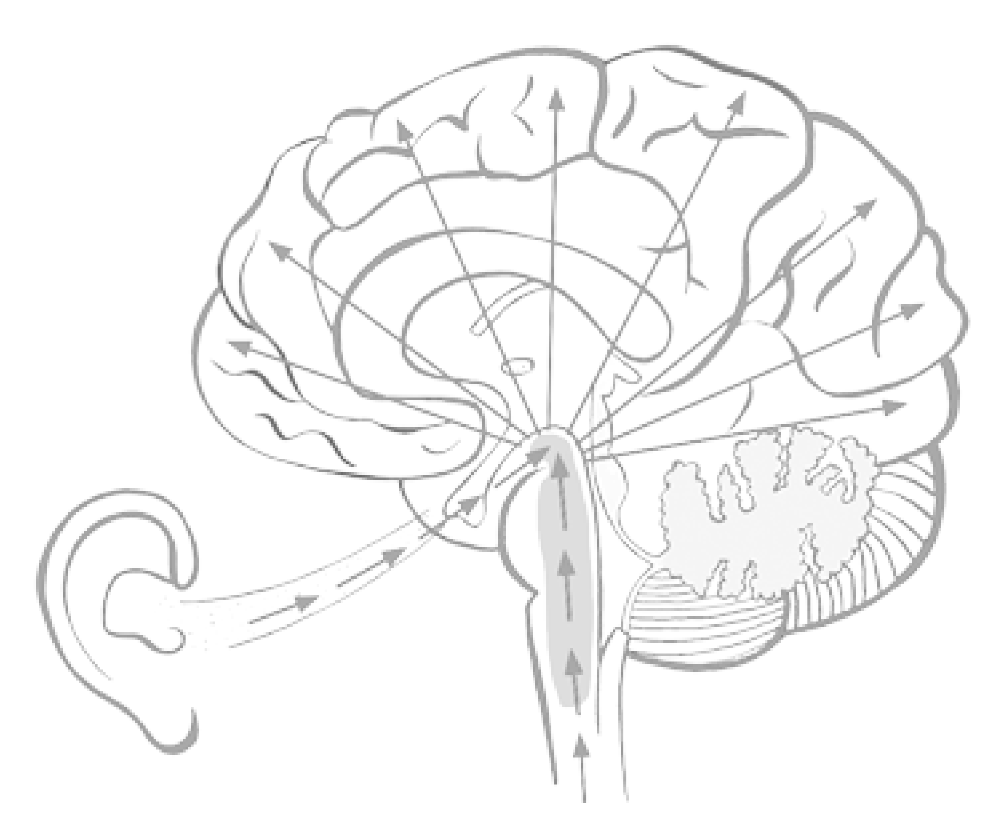
Все эти реакции управляются прямо из ствола головного мозга, и запускаются они еще до того, как мы в принципе осознаем, что мозг принял звуковой сигнал. Происходит это в тот момент, когда звуковой сигнал доходит до слуховой коры в височной доле. Когда это происходит, в стволе головного мозга на бессознательном уровне уже идет анализ, весьма необходимый для позднейшего восприятия звука и для того, чтобы мозг выстроил трехмерную звуковую картину мира. Давайте повторим еще раз: за создание полной картины мира в значительной степени отвечают бесчисленные процессы, протекающие в подсознательной и предсознательной части мозга.

По дороге в слуховую кору звуковые сигналы проходят и через важный переключатель, называемый таламусом, – он направляет по верному пути в кору головного мозга все сигналы, поступающие от органов чувств, за исключением информации от органов обоняния. Перед таламусом располагаются другие важные части мозга, в том числе миндалевидное тело. Эти отделы мозга, по форме напоминающие миндальные орехи и расположенные в глубине обоих полушарий, помимо прочего, отвечают за хранение эмоционально значимых для нас воспоминаний. Миндалевидное тело играет важную роль в эмоциональном обучении, поэтому его еще

называют «центр страха». Прямая связь между слуховыми сигналами и миндалевидным телом объясняет, почему звук и музыка имеют уникальную способность воздействовать на наши чувства. К этому мы вернемся в следующих главах.

Слуховой путь также связан с мозговым образованием, которое называется ретикулярной формацией. Это часть ретикулярной активирующей системы, или сокращенно РАС. Она выполняет несколько важных функций и, кроме всего прочего, отвечает за возбудимость и внимание. Следовательно, стимуляция РАС повышает уровень возбудимости и внимания – и эта связь объясняет общий стимулирующий, живительный эффект, оказываемый музыкой.

Ретикулярная формация также образует связи с важными системами, расположенными в спинном мозге и в стволе мозга и генерирующими ритмическую активность. Это системы, отвечающие за автоматические ритмы, например руководящие постоянными сокращениями наших дыхательных мышц, или генераторы ритма, управляющие ритмом ходьбы.

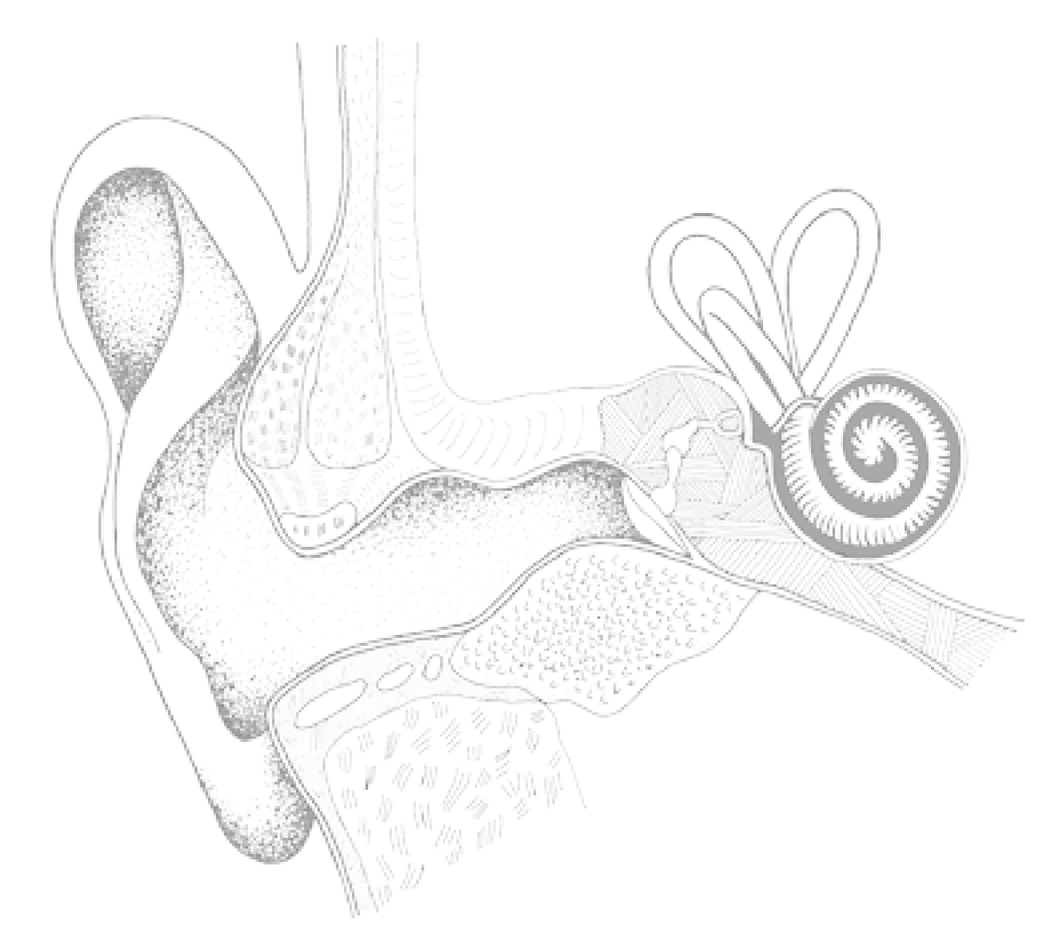


Ретикулярная активирующая система состоит из множества ядер в стволе головного мозга, связанных друг с другом (закрашенная серым область на рисунке) и подающих сигналы в большие зоны коры головного мозга – и напрямую, и через таламус. При активации этой системы, например по причине резкой смены уровня звука или из-за другого мощного сенсорного стимула, повышается уровень возбудимости и внимания. Этот феномен используется в музыке, так как при резкой смене ритма или громкости звука активируется кора головного мозга и возрастает интерес слушателя к произведению.

Благодаря им мы можем одновременно шагать и заниматься чем-то еще, например беседовать, смотреть по сторонам или планировать маршрут. Без автоматической ритмической координации всех мышц это было бы невозможно. Моторный ритм тела тесно связан с музыкой. Когда мы слышим пульсацию музыкального ритма, то не можем усидеть на месте и начинаем двигаться ритмично. Этот феномен можно объяснить в том числе тем, что слуховые волокна связаны с ретикулярной формацией и генераторами ритма.

Как мы уже говорили, еще *до* того, как звуковые сигналы достигнут слуховой коры в височной доле, образуется множество двусторонних связей между слуховыми путями, а также

связей между слуховыми путями и другими системами мозга. Однако сигналы сохраняют тонотопическую организацию до тех самых пор, пока не достигнут первичной слуховой коры. Термин «тонотопический» означает, что сигналы упорядочены от самого высокого к самому низкому, как на клавиатуре. Так информация об одном частотном диапазоне, или одном тоне, передается из уха в соответствующий отдел первичной слуховой коры в височной доле (см. рис.): высокие тоны располагаются в глубине, низкие – ближе к поверхности. Частоты звуков выстраиваются на поверхности мозга в своего рода рисунок – благодаря ему можно отличить тоны друг от друга. Наглядная схема позволяет мозгу легче анализировать поступающие одновременно звуки – например, политональные аккорды.



От внешнего уха слуховой проход тянется к барабанной перепонке. Далее идет внутренний слуховой проход, внутри которого слуховые косточки связывают внутреннюю сторону барабанной перепонки с овальным окном и улиткой. Три дуги на вершине улитки – это вестибулярный аппарат.

Подробнее см. на рис., приведённом ранее.

Удивительно, но частота импульсов в слуховом нерве (во всяком случае в нижних диапазонах) полностью соответствует частоте услышанного нами тона, если не выходит за предел частоты импульса нейрона (400 Гц). К тому же каждый тон занимает в слуховом нерве свое место, а частота звуковой волны, которую улавливает ухо, соответствует частоте, с которой слуховой нерв пересылает сигналы в мозг. Эту информацию мозг использует во время анализа высоты тона – и об этом мы поговорим в следующей главе.

От звука – к тону

Для всей музыки тон – это краеугольный камень. Когда физический объект совершает гармонические колебания, возникает чистый тон. В природе это явление встречается достаточно редко. Можно сказать, что шум водопада имеет основную частоту, а звуки, издаваемые некоторыми живыми существами, – например, пение птиц, – обладают тональной характеристикой, но в целом мы в основном окружены шумом (или более сложными «беспорядочными» звуками). Большая часть животной коммуникации – от львиного рёва до хрюканья свиньи – лишена тона и других музыкальных характеристик.

О важности обертонов

Даже тот музыкальный звук, что мы воспринимаем как чистый тон, имеет сложную структуру. Мы слышим чистый, непрерывный поток звука с определенной частотой, или высотой тона. Однако измерительные приборы показывают совсем другую картину. Когда некий объект, скажем гитарная струна, совершает гармонические колебания, он не колеблется по всей длине равномерно – колеблется, соответственно, половина длины струны, а также ее третья часть, четвертая и далее (Пифагор описал это явление еще две с половиной тысячи лет назад). Тон состоит не только из основной частоты, но и из основной частоты, умноженной на два, на три, на четыре и далее. Например, частота колебания ноты ля в середине клавиатуры фортепиано – 440 колебаний в секунду. Обозначают это так: 440 Гц (герц). Ряд обертонов для ноты ля – это, соответственно, данная частота, умноженная на 2, 3, 4 (и более), то есть 880, 1760, 3520, 7040 Гц и далее.

Если вы хотите самостоятельно в этом убедиться и рядом с вами есть фортепиано, можете провести простой эксперимент: зажмите клавиши до, ми и соль в середине клавиатуры пианино. С силой нажмите клавишу ре октавой ниже: вы услышите только ее звучание. Затем с силой нажмите клавишу до рядом с ней. Вы услышите, что звучат до, ми и соль, которые вы попрежнему удерживаете. Все дело в том, что эти тоны – часть обертонового ряда находящейся на октаву ниже клавиши до. Когда вы на нее нажимаете, обертоны дают резонанс к аккорду до мажор – он звучит даже в отсутствие основного тона. Если же вы, напротив, нажмете на клавишу до, не зажимая до, ми и соль октавой выше, вы услышите лишь ноту до, хотя все прочие обертоны и составляют звучание этого тона. Столь удивительный феномен называется слиянием – он означает, что во время нашего восприятия (перцепции) все обертоны сводятся к основному тону. Именно сокращая такое сложное звуковое полотно (целый ряд тонов, находящихся в определенных соотношениях) лишь до основной частоты, мозг упрощает для нас картину мира и делает ее более наглядной. Это не означает, что мозг игнорирует информацию об обертонах. Вовсе нет. Как мы еще увидим, именно качество обертонового звукоряда определяет высоту тона и тембр и имеет определяющее значение для созвучия с другими тонами (консонанса) или его отсутствия (диссонанса).

Обертоны и иллюзии

Итак, у того звука, что мы воспринимаем как тон, нет единой частоты. Есть целый обертоновый звукоряд – ряд частот, звучащих вместе и сокращающихся до одного тона в нашем мозге. Однако обертоновый звукоряд несет очень важную для мозга информацию. Например, именно он определяет, как мозг будет воспринимать высоту тона. Особенно важны третий, четвертый и пятый обертоны. Важность обертонового ряда для восприятия легко продемонстрировать с помощью чистого тона, искусственно созданного и имеющего только одну частоту (например, 440 Гц, что соответствует ноте ля на середине клавиатуры фортепиано). Если вы услышите такой тон, мозг не сможет определить его высоту. Даже люди с абсолютным слухом здесь бессильны. На самом деле, если сыграть аккорд из чистых тонов, составляющих вместе обертоновый ряд, в котором особенно важны третий, четвертый и пятый тоны, мозг воспримет как отсутствующий основной тон. Следовательно, мозг выстроит (а мы услышим) тон, которого на самом деле нет. Это явление отсутствия основного тона – пример слуховой иллюзии.

Мозг позволяет обмануть себя – но мы ведь ему это простим? Если одновременно зазвучат несколько тонов, принадлежащих обертоновому ряду более низкого басового тона, басовый тон возникнет исключительно благодаря физике, хотя на самом деле мы его не играем. Так образуется комбинационный тон. Это явление широко известно, и в течение многих веков им

пользуются создатели органов. Инструменту необязательно нужны большие басовые трубы – ведь достаточно просто сыграть аккорд из обертонового ряда для нужного тона, и получившийся комбинационный тон будет соответствовать отсутствующему основному. Орган будет звучать точно так же, как и с настоящей басовой трубой, а этот практичный метод позволит сэкономить место и снизить стоимость инструмента. Еще один пример – мобильные телефоны: многие из них не могут воспроизвести тоны с частотой ниже 300 Гц, а мужские голоса зачастую еще более низкие. Благодаря явлению отсутствия основного тона низкие частоты мужских голосов слышны по мобильному телефону.

Мы слышим звуки с частотой от 16–20 до 16 000–20 000 Гц. Поэтому у более низких звуков ряды обертонов богаче и сложнее, чем у более высоких. Первый обертон для тона частотой 5000 Гц имеет частоту 10 000 Гц, следующий обертон – 15 000 Гц, а третий – 20 000 Гц (мы его едва слышим). Следовательно, высокие звуки имеют более скудный обертоновый ряд, чем низкие. Как мы уже говорили, именно третий, четвертый и пятый обертоны важны для идентификации тона. А у относительно высокого тона, например частотой 5000 Гц, четвертый и пятый обертоны находятся уже за пределами восприятия. Из-за этого мозг не сможет выстроить в нашем восприятии тон (он зависит от третьего, четвертого и пятого обертонов). Мы как бы потеряем ощущение тона! Самый высокий тон клавиатуры фортепиано имеет частоту 4440 Гц. Он настолько высок, что его обертоновый ряд выходит за границу нашего восприятия. Поэтому нет смысла добавлять еще одну октаву. Мы в состоянии услышать ее основную частоту, однако ощущения тона у нас не будет. Все тоны будут казаться нам писком, не являющимся частью аккорда или гаммы и не имеющим для нас никакого значения.

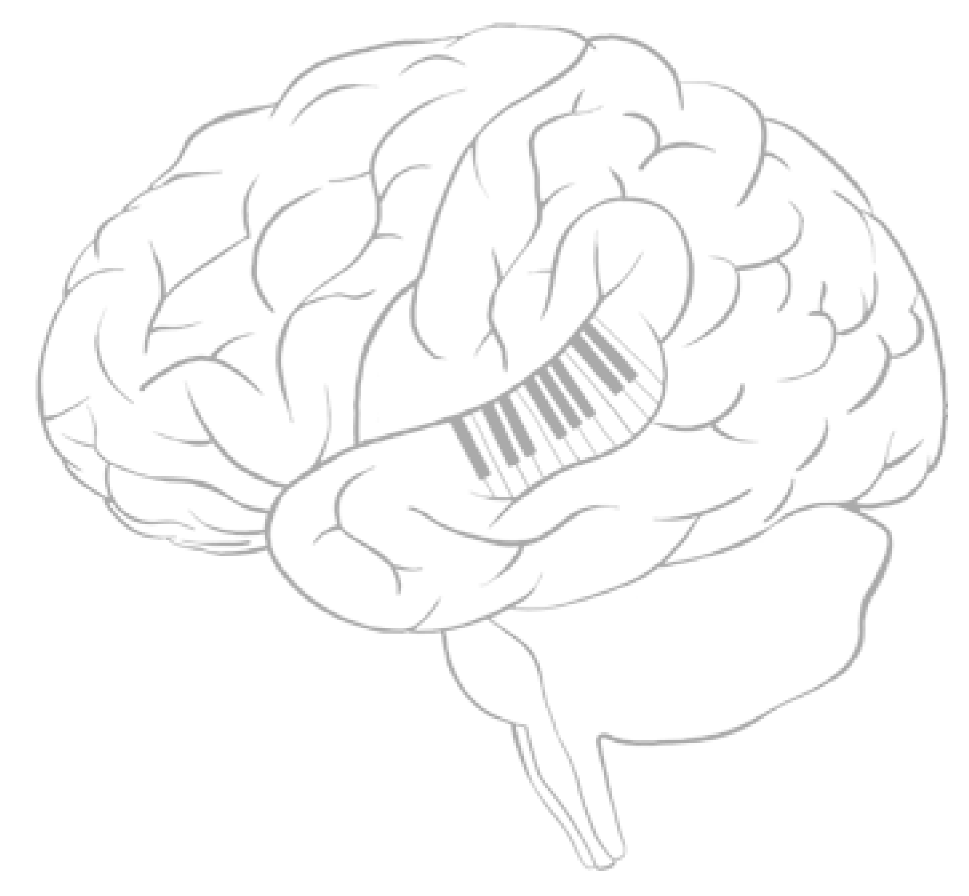
Мы слышим гораздо больше обертонов у тонов басового регистра, и между ними чаще возникает диссонанс (к этому явлению мы вернемся в следующей главе). Это означает, что интервалы баса будут казаться более диссонантными по сравнению с интервалами верхнего регистра. Как мы уже говорили в предыдущей главе, мозг может различать тоны, для которых расстояние между ответственными за их восприятие волосковыми клетками на базилярной мембране улитки составляет около 0,02 мм. Но басовый регистр отличается от верхнего. Если мы вспомним пример с ковриком, то увидим, что волны при его вытряхивании станут длиннее при «медленных» частотах, как у баса. Для сравнения: если вы будете трясти коврик быстро, появится много мелких волн, как в верхнем регистре. То же самое происходит на базилярной мембране улитки: низкие тоны дают длинные волны («медленные» частоты), а если они расположены плотно, становится непросто их различать. Басовые тоны отделить друг от друга сложнее, чем тоны верхнего регистра. Следовательно, низкие тоны мы различаем хуже, чем высокие. Это легко проверить, если рядом есть фортепиано: терция (например, ноты до и ми, взятые одновременно) в нижнем регистре покажется нам не такой четкой, как в верхнем. Исходя из этого, в произведениях большинства жанров композиторы используют басовые аккорды с открытыми интервалами (тоны расположены на большом расстоянии друг от друга – на октаву и квинту) – и уменьшают их в дисканте.

Если два тона верхнего регистра находятся так близко друг к другу, что мозг не различает их, возникает еще одно явление – интерференция. Сыграйте два расположенных близко друг к другу чистых тона, например с частотой 1000 и 1004 Гц. Вы услышите расположенный между ними «средний» тон с частотой 1002 Гц, но с отчетливой «пульсацией», или «колебанием», в 4 Гц – как если бы мы увеличивали и уменьшали громкость звука четыре раза в секунду. Такое можно услышать на концертах: на пикколо-флейте, например, очень сложно играть абсолютно чисто. Если два флейтиста хотя бы незначительно не попадают в унисон, мы почувствуем, что сила тона меняется и тон «колеблется». Обратите на это внимание, если вдруг услышите оркестр янычар с семью медными трубами!



Тот же самый эффект можно наблюдать, слушая расстроенное фортепиано. Каждый молоточек должен одновременно бить по нескольким струнам, настроенным на одну и ту же частоту. Если перенастроить эти струны, тем самым изменив частоту, из-за интерференции сила тона будет казаться неоднородной. Вот почему звук расстроенного пианино кажется нам «разбитым».

Слуховая кора головного мозга



Слуховая кора мозга организована по принципу тонотопии. Это означает, что клетки мозга реагируют на разные частоты и расположены друг за другом, как клавиши на клавиа-

туре. Подобным образом устроена и ушная раковина (улитка), улавливающая звуковые сигналы.

Необработанные данные, поступающие в ухо, передаются в первичную слуховую кору, расположенную в задних отделах верхней височной извилины в височной доле (*gyrus temporalis superior*) в обоих полушариях мозга. Как мы уже говорили, слуховая кора организована по принципу тонотопии – а это значит, что своим расположением клетки, реагирующие на различные частоты, напоминают клавиши на клавиатуре.

Но у слуховой коры есть еще одна функция: перед тем как снова сложиться в понятную картину, все характеристики звука отделяются друг от друга (декомпонуются). Анализ различных характеристик звука проходит в областях возле первичной слуховой коры – их называют слуховыми ассоциативными зонами. Там частоты объединяются, становятся тонами, аккордами и мелодиями – и приобретают смысл.

Высота тона

С момента обнаружения того, что восприятие высоты тона строится в мозге, наука ищет отвечающий за это центр. Довольно долго исследования в этой области проводились в основном на животных. Игольчатые электроды, вживленные разным животным в слуховую кору, помогли зарегистрировать ответную реакцию отдельных нервных клеток на различные виды звуковой стимуляции. Так ученые выяснили, что кроме нервных клеток, реагирующих на особые частоты и организованных по тонотопическому принципу, в коре головного мозга есть также нервные клетки, которые откликаются только на сложные тоны, то есть тоны с обертоновым рядом. Исследования, проведенные на животных, показали, что только около 20 % нервных клеток слухового отдела мозга реагируют на такую сложную стимуляцию. Именно эти клетки можно обмануть с помощью обертонового ряда и услышать отсутствующий основной тон. Возможность понять, в какой части мозга образуются такие конструкции, нам дают современные технологии визуализации, такие как функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), а также электрофизиологические исследования, например электроэнцефалография (ЭЭГ) и магнитоэнцефалография (МЭГ) (см. текст в рамке на следующей странице). Благодаря этим технологиям можно заглянуть в мозг живого человека, выполняющего различные задачи. Однако проводить исследования по-прежнему сложно. Результаты напрямую зависят от того, какие выполняются задания и какой применяется метод. Также не в последнюю очередь они зависят от выбранной группы испытуемых (например, совсем разные результаты будут у музыкантов и у тех, кто никогда не обучался музыке).

Отдел мозга, расположенный прямо перед первичной слуховой корой, так называемые *извилины Гешля,* показывает высокую активность во время большинства исследований, в ходе которых проводился анализ высоты тона. Особенно быстро и последовательно извилины Гешля активируются при изменении тона. Многие исследования зафиксировали активность чуть далее, в височной доле – в отделе мозга под названием «темпоральная плоскость» (*planum temporale*). При нестандартных изменениях высоты тона отмечается особая активность в темпоральной плоскости. Кроме того, у отдельных испытуемых наблюдается активация теменной доли и приграничных областей зрительной зоны в задней части мозга, в то время как у других активируются передние отделы мозга (префронтальная кора). Следовательно, процесс обработки высоты тона имеет индивидуальные черты, а извилины Гешля и темпоральная плоскость (*planum temporale*) являются важнейшими отделами, активирующимися у всех одинаково часто.

МРТ. При магнитно-резонансной томографии, или магнитной томографии, для получения изображений внутренних органов используют мощный магнит, радиоволны и процессор, обрабатывающий возникающие сигналы. Рентгеновское излучение в этой технологии не применяется. МРТ позволяет получить очень подробные изображения тканей головного мозга и мягких тканей тела.

фМРТ. В то время как стандартная МРТ демонстрирует лишь структуру, фМРТ позволяет увидеть, какие именно отделы мозга активируются в той или иной ситуации.

ПЭТ. Позитронно-эмиссионная томография демонстрирует активность клеток и тканей тела с помощью радиоактивного излучения. Метод часто применяется во время исследований мозга.

ЭЭГ. Электроэнцефалография — метод регистрации электрической активности мозга. На черепе размещают около двух десятков электродов, фиксирующих электрическую активность самой верхней части коры головного мозга. ЭЭГ демонстрирует изменения общей активности мозга и активность отдельных мозговых зон.

МЭГ. Метод магнитоэнцефалографии основан на том, что активность мозга вызывает едва заметные изменения магнитного поля. Эти изменения и фиксирует аппарат. Технологию используют, чтобы подробно исследовать, какие именно отделы мозга активны в той или иной ситуации.

Начальные фазы анализа высоты тона одинаково затрагивают слуховую кору мозга обоих полушарий, но если тон модулируется или меняется, правое полушарие постепенно начинает доминировать.

Наверное, это не так уж удивительно, ведь правое полушарие в целом имеет лучшее «спектральное разрешение» и у него сильнее развита способность мгновенно анализировать поступающую в мозг информацию. Это относится не только к звуковой стимуляции. Восприятие пространственных отношений, сложных фигур и положения тела в пространстве (ощущение тела) – вот примеры того, за что в основном отвечает правое полушарие. Левое, наоборот, лучше собирает информацию за какой-то период времени, например объединяет цепочку звуков в слово. Итак, у большинства из нас за анализ высоты тона в основном отвечает правое полушарие. На это также указывают исследования пациентов с различными повреждениями мозга – например, после операций, инсультов или травм. Пациенты с повреждениями слухового отдела в правом полушарии не слышат отсутствующий основной тон. Их мозг больше не может «создать» его. Однако есть и исключения. Судя по всему, музыканты, особенно те из них, кто рано начал учиться музыке, а также люди с абсолютным слухом анализируют высоту тона в большей степени левым полушарием мозга. Об этом мы поговорим далее.

Карл Штумпф (1848–1936) – немецкий философ и психолог. Его по праву считают пионером экспериментальной психологии, он исследовал «психологию тона» и происхождение музыки. Его работа заложила основы сразу двух исследовательских областей – экспериментальной психологии и музыкальной этнографии. Об этом он написал две книги: «Психология музыкальных восприятий» (Tonpsychologie) и «Происхождение музыки» (Die Anfänge der Musik)[2].

Штумпф изучал эволюцию музыки посредством анализа музыки, записанной в различных примитивных племенах. В качестве материала Штумпф использовал более 30 000 восковых валиков с музыкальными записями со всего света, которые он взял из Берлинского этнологического музея и Берлинского фонограмархива. Начал он с культуры Шри-Ланки, затем двинулся на восток, к Тихоокеанскому региону, в Южную Америку, Африку и обошел таким образом всю планету. Штумпф был очень способным музыкантом и имел все предпосылки для занятий музыкальным анализом. Его интересовали и вопросы восприятия музыки. Хотя общепринятые взгляды на музыкальную эволюцию изменились, открытия Карла Штумпфа важны и по сей день, например введенное им понятие «фузия», описывающее явление, возникающее при восприятии тона, его высоты и аккордов. Теория консонанса также по-прежнему основывается на открытиях Штумпфа.

Абсолютный слух и синестезия

Абсолютный слух – это способность идентифицировать и/или воспроизводить указанную высоту тона, или ноту, напрямую, не используя в качестве исходной точки никакие дополнительные средства, например камертон или музыкальный инструмент. Это довольно редкое явление, его можно наблюдать всего у одного человека из 10 000. Абсолютный слух наиболее часто встречается у музыкантов азиатского происхождения. Это качество передается по наследству – вероятно, информация заложена в хромосомах 4 или 8, – но сам ген пока еще не идентифицирован. Но дело не только в генах. Чтобы развить абсолютный слух, ребенок должен начать заниматься музыкой на правильно настроенном инструменте до того, как ему исполнится семь лет. Если говорить о нейроанатомическом строении, у людей с абсолютным

[2] Штумпф К. Происхождение музыки. – Л., 1927.

слухом сильно выражена асимметрия темпоральной плоскости (*planum temporale*) – слева эта область развита гораздо лучше. Кроме того, для анализа высоты тона музыканты с абсолютным слухом больше пользуются левым полушарием мозга.

Когда мелодию анализирует человек с абсолютным слухом, отделы его мозга, отвечающие за кратковременную и рабочую память, активизируются в меньшей степени, чем у других музыкантов. Большинству приходится помнить взаимосвязь между высотами предыдущих тонов, чтобы соединить их в мелодию, однако людям с абсолютным слухом не нужно сравнивать каждый последующий тон с предыдущими. Они обрабатывают информацию о нем напрямую, независимо от памяти. При написании музыкальных произведений они, разумеется, получают ряд преимуществ. Поэтому многие видят в абсолютном слухе предпосылку для развития большого музыкального таланта. Однако этому нет абсолютно никаких доказательств. Ни Георг Шуман, ни Петр Чайковский, ни Рихард Вагнер не обладали абсолютным слухом, однако у некоторых известных музыкантов, например у Вольфганга Амадея Моцарта и Камиля Сен-Санса, он был.

Абсолютный слух дает не только преимущества. Иногда он приносит и мучения. Например, европейские симфонические оркестры обычно настраивают инструменты чуть выше, чем американские. Это мешает восприятию человека, привыкшего к другому эталону высоты звука: для него музыкальные инструменты будут звучать по-другому или даже покажутся расстроенными. Пианист с абсолютным слухом сталкивается с похожими трудностями, когда играет на инструменте, который настроен чуть выше или чуть ниже, чем он привык. А если человек с абсолютным слухом услышит мелодию в регистре, отличающемся от привычного, она покажется ему странной. Синестезия – еще одно необычное свойство восприятия. Суть явления в следующем: стимуляция одной сенсорной системы (например, слуха) автоматически ведет к отклику в другой (например, зрении). Люди с синестезией приписывают тонам, аккордам и тональностям особые цвета, и, по их ощущениям, музыкальное произведение, сыгранное в необычной тональности, приобретает другой цвет. Синестезия такого типа была у Николая Римского-Корсакова, Яна Сибелиуса и Александра Скрябина. В 1910 году русский композитор Скрябин написал световую симфонию. В партитуру симфонической поэмы «Прометей» (или «Поэмы огня») он включил световую клавиатуру под названием Tastiera per luce. Со световыми эффектами произведение исполняли в Нью-Йорке в 1915 году и на фестивале в Бергене в 2018-м. Наблюдая за исполнением поэмы, слушатель получает возможность представить себе синестезию Скрябина. Сейчас световая клавиатура и деревянный диск с разноцветными лампочками хранятся в доме-музее Скрябина в Москве.

Синестезия не обошла и других известных музыкантов – Ференца Листа, Дюка Эллингтона и Билли Джоэла, а также русского художника Василия Кандинского. Он писал то, что видел во время прослушивания музыки. Можно сказать, что мы все в определенной степени синестетики, во всяком случае в детском возрасте, потому что мозг интерпретирует наши ощущения на более высоком уровне по сравнению с той частью коры, которая анализирует лишь информацию от отдельных органов чувств (например, зрительная или слуховая кора). Интерпретация ощущений почти всегда связана с тем или иным чувством и памятью (зачастую не имеющей отношения к конкретному органу чувств). Потому граница между эмоциями почти всегда условна.

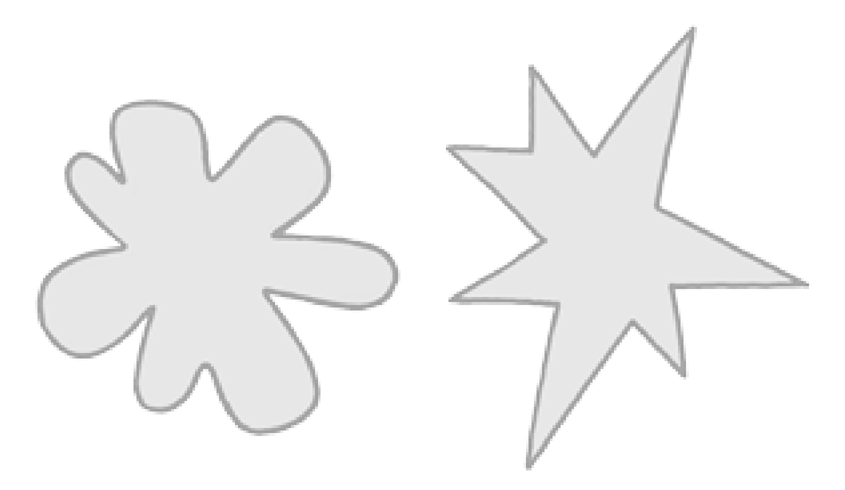
Эффект «буба – кики» – пример связи между визуальным и аудиальным восприятием. Среди людей с абсолютным слухом много синестетиков, но при синестезии активируются все-таки другие участки головного мозга. С точки зрения нейрофизиологии эти два типа нестандартного восприятия музыки являются разными явлениями.

Музыкантов с абсолютным слухом подстерегает еще одна проблема: с возрастом сбивается внутренняя «настройка». Человек стареет, а одновременно с этим съеживается улитка. Базилярная мембрана становится более жесткой, и резонанс для разных частот чуть сдвига-

ется. Нервным клеткам, которые раньше стимулировал тон с частотой 440 Гц, с возрастом для стимуляции требуется уже чуть более высокая частота. Память мозга на тоны, однако, не меняется, а изменения протекают так медленно, что мозг не осознает, что улитка перенастроилась. Частоту, которая раньше воспринималась, например, как ноту «до», с возрастом мозг начинает воспринимать как до-диез или ре, тем самым приписывая ей иные характеристики. Хотя конкретное музыкальное произведение исполняется в той же тональности, что и раньше, слушателю кажется, что оно звучит чуть выше. Для музыканта это может оказаться весьма мучительной проблемой. В пожилом возрасте на нее жаловались пианисты Святослав Рихтер и Алисия де Ларроча.

Тоны Шепарда

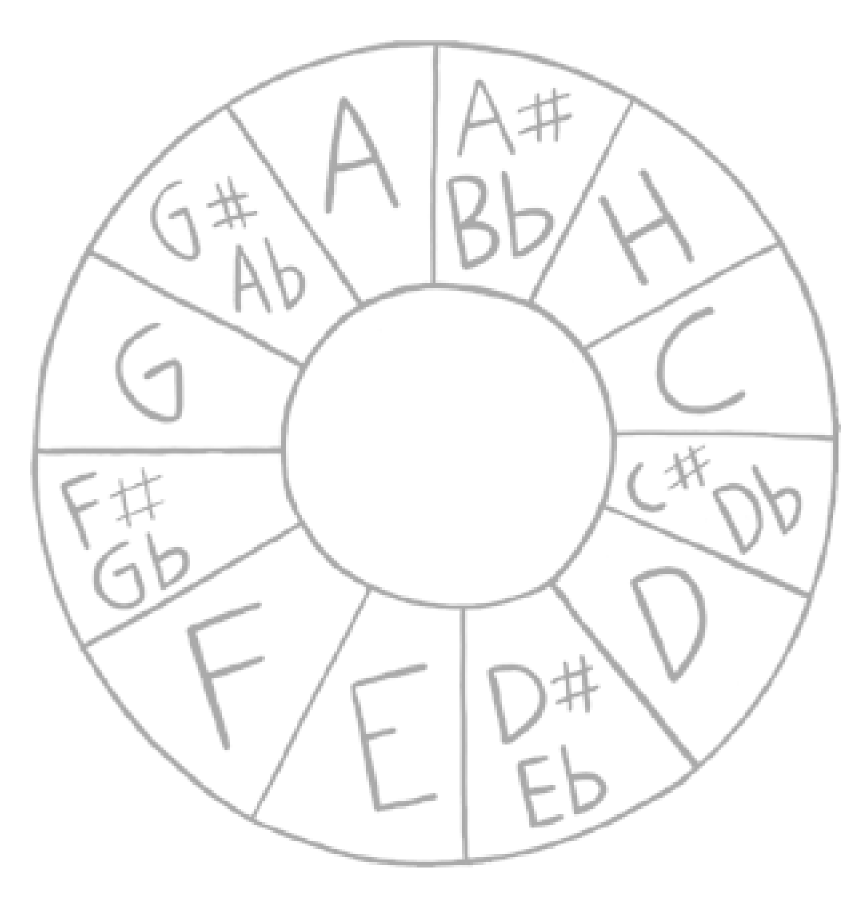
Одна из самых известных звуковых иллюзий, связанных с тоном, – тоны Шепарда, названные так в честь открывшего их психолога Роджера Шепарда. Тон Шепарда – это два чистых тона (то есть без обертонов, см. предыдущую главу), расположенные друг от друга на расстоянии октавы и звучащие одновременно. Если один из них будет постепенно опускаться, второй – подниматься, а одновременно каждый из них, соответственно, будет затихать и вновь увеличивать громкость, образуя петлю, возникнет звуковая иллюзия постоянно повышающегося или понижающегося тона, который раз за разом возвращается в исходную точку. Будет тон восприниматься как поднимающийся или опускающийся, зависит от того, какой из двух исходных будет повышаться, а какой – понижаться.



Какая из этих фигур кики, а какая – буба? 95 % опрошенных назвали бубой левую. Это классический пример синестезии. Округлые формы ассоциируются с «круглыми» звуками [б] и [о], а угловатые фигуры – с «острыми», такими как [к] и [и].

Иллюзия связана с интерпретацией мозгом высоты тона, ведь способность мозга верно определить высоту тона полностью зависит от обертонового ряда. В отсутствие обертонов мозг не может определить позицию чистых тонов в октаве, однако четко понимает, поднимаются они или опускаются. Родственная *визуальная* иллюзия возникает, когда мы видим, что спираль, изображенная на медленно вращающемся шесте, движется вверх или вниз – такие объекты раньше висели у входа в цирюльни.

Дальним родственником тонов Шепарда является так называемый парадокс тритона, демонстрирующий, насколько тесно в нашем мозге связаны язык и музыка. Тритон – это три полноценных тона, то есть шесть полутонов или пол-октавы.



На хроматическом круге все 12 тонов расположены по возрастающей, если двигаться по часовой стрелке. Пройдя полный круг (например, от ноты до до опять же до), мы окажемся в исходной точке, но уже на октаву выше. Если взять расположенные точно друг напротив друга тональности, разница между их основными тонами составит тритон.

Такой интервал в традиционной западной музыке в принципе считается негармоничным и с давних времен зовется *diabolus in musica* («дьявол в музыке»). Но в эпоху барокко его начали использовать чаще. Для современной музыки он не является редкостью и встречается, например, в септаккордах. Пример тритона – расстояние между нотами фа и си. На хроматическом круге (см. рисунок) тритоны расположены строго друг напротив друга. Если сыграть тоны Шепарда, расположенные друг от друга на расстоянии тритона, интервал между ними не пойдет ни вверх, ни вниз, поскольку в обоих будут представлены две октавы. Значит, парадокс тритона не объясняет повышение или понижение интервала. Однако большинству людей кажется, что тон все же понижается или повышается. Удивительно, но наше восприятие никак не связано ни с уровнем музыкальной подготовки, ни и с наличием абсолютного слуха. Однако оно имеет тесную связь с устной речью. Например, доказано, что люди родом из Калифорнии интерпретируют пары тонов совсем не так, жители Южной Англии или Вьетнама. То, как для них звучат тоны, зависит от языка (английского или вьетнамского) и акцента (калифорнийского или южноанглийского). Это дает ответ на вопрос о том, как восприятие высоты тона мозгом влияет на восприятие и языковой, и музыкальной мелодии. Кроме того, это показывает, как изучение языка тренирует наш пластичный мозг для понимания музыки – и наоборот. Примеры этого мы еще встретим далее.

От тона – к тембру, мелодии и гармонии

Почему нота до на фортепиано звучит не так, как на скрипке или трубе, хотя они имеют одну и ту же базовую частоту и обертоны? Почему же они такие разные? А как быть с нотой, которую играет целый симфонический оркестр? У оркестра есть общая гармония, однако мы можем расслышать и звучание каждого инструмента по отдельности. Как такое возможно? Этот вопрос мы и рассмотрим далее.

Уникальность тембра

Голос каждого из нас уникален. Как и наши отпечатки пальцев, он узнаваем и неповторим и у взрослых редко радикально меняется до конца жизни. Некоторые американские интернет-банки во время звонков уже могут идентифицировать клиента по голосу, и пароли теперь не нужны – настолько голос уникален как маркер. Даже когда вокруг нас шумно, мы с легкостью узнаем другого человека по голосу. Вероятно, эта способность была важна для выживания уже на ранних этапах эволюции.

Если взять одну и ту же ноту на фортепиано и на гитаре, мы услышим заметную разницу в тембре. Как так получается? Ведь струны обоих инструментов вибрируют с одинаковой частотой. Дело в том, что вибрирует не только струна. Тембр также зависит от вибраций резонаторного ящика, в котором струна дает отзвук. Также тембр определяют форма и материал, из которого изготовлен инструмент, потому что резонаторный ящик не одинаково усиливает все тоны обертонового ряда. Следовательно, инструменты звучат по-разному, поскольку сила принадлежащих одному обертоновому ряду тонов тоже разная. К тому же есть еще целый ряд характеристик звука, благодаря которым мы различаем инструменты.

Одна из важнейших характеристик – начало тона (атака). Тон фортепиано зарождается в тот момент, когда молоточек бьет по струне. Тембр отличает его, например, от тона скрипки. Благодаря информации о тембре – о том, как сила ослабевает со временем (спад), сколько длится звучание (задержка) и как оно завершается (затухание), – мы понимаем, что за инструмент слышим. Эти четыре характеристики (атака, спад, задержка и затухание) можно менять с помощью звуковой обработки или блока определенных эффектов – и тем самым менять тембр тона. Например, если изменить начало фортепианного тона, убрав атаку (и тогда мы не услышим удар по клавишам), будет намного сложнее распознать тон как фортепианный. Кроме того, многие инструменты позволяют сознательно менять манеру игры и добиваться особого звучания в зависимости от требуемого эффекта. Примером может служить использование педали сустейна у фортепиано. Скрипачи же играют разными штрихами.

Точно так же уникальным человеческий голос делают различия в строении черепа, полости рта, придаточных пазух носа и гортани, а также в манере речи. Пропойте гласные [а], [э], [о], [у] в одном тоне, глядя на себя в зеркало, – вы увидите, что малейшее изменение формы рта и глотки придает тону совершенно иной тембр. Однако лишь очень немногие из нас способны изменять голос так, что даже близкие не смогут его узнать. Прежде всего потому, что сознательно мы можем повлиять лишь на некоторые «голосовые настройки». Уникальность голосового тембра главным образом обусловлена уникальностью обертонов в регистре – она появляется благодаря анатомическим особенностям черепа, полости рта, придаточных пазух носа и гортани. Чтобы действительно заговорить другим голосом, нам придется каким-то образом повлиять на анатомию – например, набить рот бумагой или поместить микрофон на горло перед гортанью, а не поставить его возле рта. Если проделать это, можно изменить до неузнаваемости любой голос.

Категоризация

Наша удивительная способность распознавать голоса и музыкальные инструменты связана с фундаментальной способностью человеческого мозга – он умеет очень хорошо и быстро сортировать объекты по категориям. Компьютеру необходимо довольно большое количество данных, чтобы понять разницу между табуреткой и животным или между собакой и коровой и научиться точно различать эти объекты. Дети же учатся понимать эту разницу практически мгновенно. Если в человеческом мозге есть ментальное представление о чем-то, он узнает этот объект с любой стороны – зачастую имея минимум данных. Вероятно, это качество было важным для выживания в процессе эволюции. Тот, кто мог быстро отнести предмет к какой-либо категории, имея неполную информацию, получал преимущество в борьбе за выживание и быстрее замечал опасности (хвост тигра в кустах) и возможности (съедобный фрукт в густой листве). При входе на некоторые сайты нас просят подтвердить, что мы не роботы. Вопросы, на которые мы должны при этом ответить, кажутся нам до смешного простыми, однако робот с ними не справится. Схожий механизм позволяет нам распознавать отдельные музыкальные инструменты в сложной тембральной картине, которую создает симфонический оркестр. Уму непостижимо, как это вообще возможно.

Звуковой хаос

Как мы уже говорили, каждый источник звука – не важно, инструмент или голос – создает непрерывный поток звуковых волн с различными частотами. И одновременно наша слуховая система принимает информацию от огромного количества источников. Только вдумайтесь, сколько звуков мы слышим на улице: шум моторов проезжающих автомобилей, обрывки речи проходящих мимо людей, музыку из открытых дверей, наши собственные шаги, шуршание одежды и шаги других пешеходов, гул летящего в небе самолета, лай собак, крики уличных продавцов, велосипедные звонки, плач младенца в коляске на противоположной стороне улицы. Все эти звуки создают какофонию разных частот – и все они долетают до уха одновременно. То же самое происходит, когда мы слушаем симфонический оркестр. Основные тоны и обертоны десятков музыкальных инструментов выстраиваются в длинную стену, состоящую одновременно из тысяч волн с различными частотами. Мозг должен как-то превратить этот акустический хаос в осмысленные отдельные звуковые потоки, чтобы общая картина обрела смысл. Только так мы сможем отличить плач младенца от грохота автомобиля. И только так в общем потоке звучания мы отличим трубу от скрипки – ну и, раз уж мы заговорили об этом, то и от покашливаний в зрительном зале.

От тонов – к мелодии

Чтобы выполнить чудовищно сложную задачу – отделить друг от друга источники звука в звуковом ландшафте, мозг должен уметь различать звуки, которые никак не связаны друг с другом (идут из разных источников), и группировать те, что имеют связь (идут из одного источника). Чтобы было не так сложно, этот процесс можно разделить на вертикальный анализ, выполняемый в тот же момент, и горизонтальный, выполняемый спустя некоторое время.

Вертикальный анализ еще называют «спектральной организацией» всех одновременно звучащих частот, которые улавливает ухо. Во время этого процесса хаос входящих частот упрощается, так как все связанные друг с другом частоты сливаются в один звук. Об этом мы упоминали в главе «От звука – к тону»: мозг воспринимает все частоты, принадлежащие одному гармоническому спектру, как один тон. Например, тон, который мы слышим как ноту ля, на

самом деле содержит множество частот, а именно его обертонов (440, 880, 1760 Гц и так далее). Спектр упрощается на бессознательном уровне, и мы слышим только базовую ноту ля. Звуковая картина, возникающая в этот момент в нашем сознании, оказывается значительно проще. Так готовится основа для горизонтального анализа, или секвенциальной организации звука в мозге.

При горизонтальном анализе отдельные звуки преобразуются в единое целое, обладающее смыслом. Лучшие примеры этого явления мы зовем мелодией. Для нашего восприятия мелодия – последовательный ряд отдельных звуков, бессознательно объединяемых нами в одно целое. Будут ли идущие один за другим звуки восприниматься нами именно таким образом (то есть как мелодия), зависит от целого ряда факторов. Самые важные факторы – это временной интервал (то есть темп), разница в высоте тона и степень гармонии (консонанс). Те тоны, которые не сильно отличаются друг от друга по высоте, при анализе по прошествии некоторого времени легче воспринимаются как целое, чем тоны с большой разницей в высоте. Точно так же тоны с одинаковыми (ритмичными) временными промежутками проще воспринимаются как целое, чем тоны с неодинаковыми (неритмичными) промежутками, а тоны, имеющие больше совпадающих обертонов (консонансные интервалы), легче воспринимаются как связные, чем тоны с меньшим количеством совпадающих обертонов (диссонансные интервалы). Исходя из основных критериев, мы автоматически классифицируем последовательно поступающие тоны или как связные, или как несвязные. На этом нейробиологическом явлении строится наше восприятие мелодии как единого целого. Композиторы могут использовать его, чтобы обмануть нас, и мы услышим мелодию, которой на самом деле нет. В ряде фортепианных произведений венгерского композитора Дьёрдя Лигети, например, левой рукой играется одна мелодия, а одновременно с ней правой рукой – еще одна. Когда руки играют вместе, слышна третья мелодия – которую мы никак не можем услышать, если руки играют по отдельности.

Гармония и гаммы

Человеческая способность относить явления окружающего мира к той или иной категории распространяется на данные, поступающие от всех сенсорных систем, в том числе от слуховой. Как мы говорили в предыдущей главе, наш мозг оснащен особым механизмом (в первичной слуховой коре) для анализа высоты тона. Когда мы слушаем музыку, мы категоризируем различные высоты и скачки тона и разделяем их на структурированные интервалы и гаммы. Часть этого процесса обусловлена культурой, то есть мы его усваиваем. В разных культурах можно найти разные гаммы с неодинаковым числом тонов и скачков тона. Однако общие черты наблюдаются во всех известных ладовых системах (за исключением 12-тоновой системы и некоторых искусственно созданных). Самая важная и актуальная для всех известных ладовых систем черта в том, что тон на октаву выше основного считается таким же (расстояние от одной ноты до до другой, на семь тонов правее на фортепианной клавиатуре и далее к следующей ноте до, еще на одну октаву выше). Этот интервал можно получить, удвоив частоту колебаний (например, от ноты ля первой октавы, 440 колебаний в секунду (герц), до ля второй октавы', 880 герц). Это соответствует следующему физическому явлению: первый обертон обертонового ряда находится на октаву выше основного. Все обертоны уже для нового тона будут, в свою очередь, входить в обертоновый ряд исходного.

Так как на этом природном явлении строятся все известные ладовые системы, оно отражает процесс, во время которого мозг относит к одной категории тоны с разницей в октаву: они обрабатываются как одинаковые тоны, так как представляют собой варианты одной частоты колебаний. Если два человека поют хором и при этом один из них – на октаву ниже, оба почувствуют, что поют в одном тоне. В целом для мозга два тона с разницей в октаву означают один и тот же тон. Поэтому октава – это именно тот интервал, который берется за основу

музыки во всех известных культурах. Исключением может стать какая-нибудь не известная нам культура, не раскладывающая тональности на октавы. Что любопытно, музыка представителей такой культуры не будет выходить за пределы одной октавы.

Средний тон

Третий тон, обязательно присутствующий в натуральном звукоряде, – тон в середине октавы. В западной гамме это, например, нота соль в шкале от ноты до до ноты до. Если удвоить частоту колебаний в ноте соль и найти середину между этими двумя тонами, мы услышим ноту ре. Если удвоить и эту частоту и снова разделить ее пополам, в середине окажется нота ля. Продолжив и далее делать то же самое, мы получим все 12 полутонов, которые называют пифагоровым строем или натуральным звукорядом. Если расположить полутоны по кругу, они выстроятся в *квинтовый круг*, который наглядно демонстрирует природное расстояние между тонами согласно частоте колебаний. И, вероятно, именно его существование объясняет, почему мозгу свойственно классифицировать тоны согласно этой системе, хотя иногда они в нее не вписываются. Если тон слегка отклоняется по частоте от природного идеала, мы будем склонны ассоциировать его с ближайшим тоном этой системы.

Квинтовый круг, разумеется, нельзя назвать абсолютно полным, а кроме того, есть традиции с большим и меньшим количеством тонов (например, в индийских мелодических системах интервалы могут составлять четверть тона). Но принцип тем не менее остается неизменным: мозг склонен классифицировать тоны точно в соответствии с частотой колебаний. Поэтому мы можем смириться с тонами, которые звучат не совсем точно. И именно на этом принципе основана современная «темперированная» гамма, состоящая из 12 полутонов. Они не соответствуют тем частотам, которые мы получим, если выстроим тоны согласно принципам Пифагора. По законам физики квинтовый круг является «восходящим не полностью». Если пройти его целиком, то, например, ноты ми-бемоль и фа или ре-диез и ми-бемоль не будут иметь один и тот же тон. Возникшая разница в числе колебаний составит примерно четверть полутона. Это явление еще называют пифагоровой коммой. Именно из-за него мелодия звучит по-разному в разных тональностях и зазвучит фальшиво при переходе в другую тональность, если использовать натуральный звукоряд.



Раньше, до появления темперированной гаммы, это накладывало большие ограничения на правила построения музыкального произведения. Проблему решали по-разному. В какой-то момент, например, пользовались клавиатурой, в каждой октаве которой было 24 клавиши, и на ней можно было сыграть чисто в любой тональности. Не очень-то удобный метод!

Настройка

Проблема частот и гармонии, «восходящих не полностью», как мы обсудили ранее, известна давно. Попытки настроить расстояние между тонами гаммы предпринимались за сотни лет до нашей эры. Первым композитором, сочинявшим музыку с 12-тоновой гаммой, вероятно, был Винченцо Галилей (1520–1591), отец астронома Галилео Галилея. Однако

вплоть до эпохи барокко, а именно до Иоганна Себастьяна Баха, эта гамма не получила широкого распространения. Можно было настроить инструмент слегка фальшиво, чтобы на нем было легче играть, но долгое время считалось, что такой метод идет наперекор божьей воле, словно искажая идеал. Бах высказался по этому поводу, написав произведение «Хорошо темперированный клавир», состоящее из 24 прелюдий и фуг – по одной в каждой тональности. Он продемонстрировал, что преимущества темперированной гаммы сильно превосходят недостатки настроенных слегка «нечисто» отдельных тонов. Это была долгая и непростая битва – о ней можно прочитать в книге Стюарта Исакоффа «Музыкальный строй. Как музыка превратилась в поле битвы величайших умов западной цивилизации» (Temperament: How Music Became a Battleground for the Great Minds of Western Civilization)[3].

Как мы уже говорили, существуют гаммы, где тонов больше или меньше, чем в 12-тоновой. Весьма часто используется пентатонический звукоряд. Он состоит из пяти интервалов – как если бы мы играли только на черных клавишах пианино – и применяется во всем мире. Его можно обнаружить в народной музыке, джазовых, блюзовых и поп-композициях. В определенном смысле его можно рассматривать как «оголенную» версию 12-тоновой гаммы, содержащую только самые консонансные (созвучные) тоны. Но беднее гамма от этого не становится – послушайте удивительный «Этюд на черных клавишах» Фридерика Шопена (Этюд, Оп. 10, № 5), и вы сами в этом убедитесь!

Наше восприятие гармонии или дисгармонии – являются два или три тона для нас консонантными или диссонантными – во многом зависит от обертонов. Как мы уже говорили, обертоновые ряды для двух тонов, расположенных с разницей в октаву, практически полностью перекрывают друг друга. У квинты, например до – соль, обертоновые ряды тоже во многом совпадают. Как и у терции, например до – ми. Эти комбинации тонов дают довольно аккуратную и простую схему частот. Мозг воспринимает их как созвучные, поскольку их обертоновые ряды совпадают настолько сильно, что тоны почти не воспринимаются нами как полностью независимые – скорее, как два тона, составляющих единое целое. Обертоновые ряды расположенных близко друг к другу тонов, например нот до и ре, практически не имеют совпадений. Когда эти тоны звучат одновременно, мы воспринимаем их как диссонансные.

У мозга есть некоторые предпочтения, и это подтверждают исследования, изучавшие среди прочего мозговую активность в момент, когда человек слышит консонансные и диссонансные интервалы. В исследовании, которое проводила группа мексиканских ученых (под руководством Гонсалеса-Гарсии), испытуемых просили пропеть консонансные интервалы (квинты) и диссонансные (септимы). Во время пения диссонансных интервалов у испытуемых значительно возрастала активность нейронной сети, анализирующей внешние звуковые стимулы и корректирующей движения мышц. Объясняется это следующим образом: чтобы пропеть диссонансные интервалы, нам приходится подстраивать под них свои «природные» певческие интервалы – консонансные. Множество исследований показали, что даже маленьким детям консонансные интервалы нравятся больше. Исследование, проведенное группой финских ученых (под руководством Вирталы), показало, что новорожденные обрабатывают консонансные аккорды иначе, чем диссонансные. Вероятно, у нас есть врожденная способность различать интервалы между тонами с совпадающими обертоновыми рядами и прочие интервалы. Такой способностью обладают и другие виды живых существ (например, обезьяны и птицы), что подтверждает факт, о котором мы говорили ранее: системе последовательного анализа в мозге легче сгруппировать консонансные скачки тона.

За консонансными интервалами (в отличие от диссонансных) следуют синхронные импульсы в слуховом нерве. Как показало исследование, проведенное Бидельманом и Кришна-

[3] Исакофф С. Музыкальный строй. Как музыка превратилась в поле битвы величайших умов западной цивилизации. – М.: Corpus, 2016.

ном, уже на уровне ствола головного мозга (то есть еще до слуховой коры) консонансные интервалы между тонами кодируются быстрее, чем диссонансные. Согласно исследованию, опубликованному в журнале *Nature Neuroscience* в 1999 году, выраженно диссонансные аккорды и аккордовые ряды активируют зоны мозга, отвечающие за реакцию на боль и неприятные ощущения. Во время прослушивания выраженно диссонансных аккордовых рядов некоторые испытуемые жаловались на тошноту и физический дискомфорт.

Мелодия

Музыка состоит не только из звуков и гармоний, ее ядро – мелодия. Мелодия – ряд тонов с различной продолжительностью, высотой и акцентом, образующих узнаваемую (и благозвучную) структуру. Хорошая мелодия может принести хороший доход. По неподтвержденным данным, Майкл Джексон купил права на 251 мелодию The Beatles на аукционе в 1985 году за 50 миллионов долларов – он был уверен, что это выгодная покупка. В отличие от других составных частей музыки – связного ритма или особой гармонии – на мелодию можно получить права. Неудивительно, что люди с незапамятных времен искали рецепт: как создать мелодию, которая будет идеальной.

Леонард Коэн поет об этом в песне «Hallelujah» («Я слышал тайный аккорд, / Давид играл, и радовался Господь, / Но тебе ведь не слишком интересна музыка, правда? / Льется мелодия, / Кварта, / Квинта, / Минор, мажор, / Смущенный король пишет песню: / Аллилуйя»). Формально секрет создания идеальной мелодии не раскрыт, но большинство популярных мелодий обладают определенными характеристиками. О некоторых из них пианист и научный журналист Роберт Журден упоминает в своей книге «Музыка, мозг и восторг: Как музыка захватывает наше воображение» (Music, The Brain, and Ecstasy: How Music Captures Our Imagination). По его мнению, мелодия, являющаяся потенциальным хитом, отвечает некоторым базовым требованиям. В теории существует рецепт создания хита:

- Почти все ноты мелодии должны принадлежать семитоновой гамме, в которой мелодия написана, а оставшиеся хроматические тоны должны находиться в неакцентированных– или не подрывающих основную гармонию – позициях.
- Большинство идущих друг за другом нот должны быть чуть выше или ниже предыдущих. Тогда в мелодии будет совсем немного скачков тона, а крупные скачки вообще будут очень редки.
- Одна и та же нота не должна повторяться слишком часто. Это позволит избежать монотонности.
- Каденции, или гармонические обороты, должны идти одновременно с ритмической акцентуацией.
- Ритмическая акцентуация должна усиливать контур мелодии так, чтобы мелодия меняла направление в самый важный момент с точки зрения ритма.
- Мелодия должна достигать своего низшего и высшего тона лишь в одной точке, при этом самый высокий тон (например, седьмой тон гаммы) не должен по своей природе стремиться вверх.
- Скачки тона должны всегда оканчиваться на одном из семи основных тонов, а не на хроматическом.
- И еще мелодия не должна делать скачок с хроматического тона, иначе диссонанс создаст напряжение, которому потребуется разрядка, а не возрастающее напряжение, создаваемое скачком.

Если проанализировать известные удачные мелодии, выяснится, что в целом в них соблюдаются все эти правила. К сожалению, во время создания мелодии четкие правила только

мешают, а когда надежный рецепт просто необходим, разочароваться слишком легко. С помощью правил можно понять, что мелодия получается не слишком хорошей, но, к сожалению, нельзя со 100 %-ной вероятностью создать удачную мелодию.

В какой части мозга?

Понять, как и где в мозге происходит обработка высоты тона, тембра, мелодии и гармонии, оказалось непросто, ведь результаты исследований напрямую зависят от выбранных методов. Довольно сложно выстроить эксперимент так, чтобы можно было как следует рассмотреть, каким образом мозг анализирует лишь один из перечисленных элементов. Кроме всего прочего, это нужно сделать так, чтобы музыка во время эксперимента не оказалась слишком своеобразной и не отличалась чересчур сильно от той, которую мы обычно слушаем. Когда мы слушаем музыку, все процессы протекают одновременно и перекрывают друг друга, поэтому их сложно отделить друг от друга. Вдобавок оказалось, что продолжительные занятия музыкой и разные способы ее слушать заставляют нас обрабатывать музыку чуть по-другому. Например, у большинства, как мы уже говорили, высоту тона анализирует зона слуха правого полушария, а у многих музыкантов часть этих функций берет на себя левое полушарие. Неизвестно, снижается ли при этом активность с правой стороны – возможно, лишь возрастает активность левого полушария. Однако индивидуальные различия и разный уровень музыкальной подготовки приводят к тому, что результаты у разных испытуемых различаются довольно сильно и их сложно истолковать.

В целом большинство исследователей соглашается с тем, что высоту тона, тембр и гармонию главным образом анализируют некоторые отделы височной доли и слуховая зона правого полушария (у нее есть своего рода пристрастие к пространственным явлениям и анализу), в то время как левое полушарие работает при сборе информации во времени, объединяя ноты в мелодии и ритмы, а также анализируя протяженные гармонии и структуры. Об этом мы еще поговорим в следующих главах.

Ритм

Представьте себе карнавал в Рио-де-Жанейро: барабаны, томные ритмы и самба. Или концерт группы Deep Purple: фанаты скачут в такт музыке. Или деревню в Кении: яркие барабанные ритмы и танцы. Ритмичная музыка подталкивает к действию и во многом воспринимается на физическом уровне. Ноги и/или голова сами по себе начинают двигаться ей в такт. Дыхание, пульс и движения синхронизируются с ритмом на бессознательном уровне: человек сливается в одно целое как с музыкой, так и с другими слушателями или танцорами – и может даже войти в состояние транса. С самого момента возникновения музыки как искусства и до появления современного жанра транс ритм был связан для человека с ритуалами и религиозными церемониями. Ницше описал это предельно точно: «Мы слушаем музыку всеми нашими мышцами».

Ритм и темп тесно связаны с движением. Поэтому не так уж и странно, что при прослушивании ритмичной музыки активируются те мозговые структуры, которые отвечают за движение и моторику. Но сперва давайте вернемся назад и вспомним, что ритм в своей простейшей форме – это равномерно повторяющиеся в течение какого-то периода времени группы звуков. Чтобы узнавать ритм, у мозга должно быть представление о времени и он должен запоминать звуковые частоты одновременно с их воспроизведением. Только так он сможет узнавать повторения группы звуков в режиме реального времени. Но, чтобы разгадать загадку ритма, сначала нужно разобраться с восприятием времени и памятью – а у этих явлений есть свои тайны. И оба эти явления пока остаются загадкой для ученых.



Тянущееся время

Итак, начнем с чувства времени. Мы воспринимаем время весьма субъективно. Когда нам хорошо, мы говорим, что оно «летит», когда нам скучно, оно тянется ужасно медленно.

Зато когда мы вспоминаем прошлое, все в точности до наоборот. Если в январе и феврале случилось много всего, Рождество кажется очень далеким событием, хотя прошло всего два месяца. А если за это время, наоборот, не произошло ничего особенного, у нас создается ощущение, что Рождество было совсем недавно. Многие также считают, что в детстве время текло медленнее.

Три года в начальной школе длились целую вечность, а молодость каждый из нас со временем начинает воспринимать как значительный этап, хотя на самом деле она составляет лишь небольшую часть жизни. Может показаться, что память сравнивает все, что случилось с нами в последнее время, с событиями прошлого, которые в ней хранятся. Потому 70-летний человек не помнит практически ничего о последней неделе, хотя помнит очень многое о том, что он пережил ранее. Для трехлетнего ребенка, напротив, неделя составляет довольно значительную часть жизни – и время, по его ощущениям, идет медленнее. Год для него составляет треть всей жизни. А для 70-летнего человека год жизни – это лишь семидесятая ее часть. По математическим подсчетам, середина жизни – если говорить субъективно – приходится примерно на 17 лет. Большинству из нас даже страшно о таком подумать.

К счастью, для восприятия времени математика нам не нужна. Но есть еще одно объяснение, почему ход времени ускоряется с возрастом. На его восприятие накладывают отпечаток эмоции. Например, эмоционального человека мы будем помнить дольше, чем спокойного, даже если в реальности мы смотрели на обоих одинаково долго. Также доказано, что восприятие времени неодинаково у людей, говорящих на языках, принадлежащих разным языковым группам. Ваш родной язык – будь то китайский или английский – тоже влияет на внутренние часы.

На восприятие времени влияет и музыка. Был проведен следующий эксперимент: в приемном отделении периодически ставили музыку. Хотя время ожидания врача было совершенно одинаковым, для тех пациентов, которые слушали музыку, оно показалось более коротким, чем тем, кто ждал в тишине. Еще один эксперимент продемонстрировал, что восприятие времени не зависит от самой музыки, а третий, напротив, показал, что с веселой музыкой время ожидания идет быстрее, чем с грустной, хотя музыкальные произведения длились одинаковое время.

Время как движение

Даже самые простые движения – например, поднять руку или пошевелить пальцем – в действительности очень сложны. Все движения требуют синхронного последовательного сокращения мышц, а также расслабления мышц-антагонистов, выполняющих движение в противоположном направлении. Исходя из ответной реакции сенсоров в мышцах и суставах, мозг корректирует и оптимизирует движение в соответствии с его целью. Для этого, естественно, он должен правильно рассчитать время. В какой-то степени восприятие времени и движение могут рассматриваться как две стороны одного и того же мозгового процесса. Психолог Уильям Джеймс еще в 1890 году предположил, что для мозга время – это скорее эмоциональное впечатление, а не физическая величина. Так он начал дискуссию о центре времени в мозге и поиск мозговых структур, отвечающих за чувство времени. В нас встроены различные биологические часы – циркадные ритмы, менструальный цикл и многие другие, но наука пока не обнаружила в мозге зону, которая выполняет общую «часовую функцию» и способна измерять время, подобно наручным часам или компьютеру. Но исследования мозга с помощью фМРТ, ПЭТ и прочих технологий визуализации, во время которых испытуемые выполняли разные задания,

связанные со временем, показали, что за последовательные движения отвечают несколько мозговых структур – и они в том числе отслеживают время.

Мозжечок (*cerebellum*), если говорить упрощенно, отвечает за плавность, контроль и координацию движений. Но двигаться нас заставляет не он, а высшие отделы нервной системы, а именно теменная доля коры мозга. Затем сигнал отсылается в мозжечок – он точно рассчитывает активность наших мышц, последовательность действий и временные интервалы. Для этого он должен очень хорошо уметь измерять время. Если нам, например, нужно держать ровный ритм, топая ногой или хлопая в ладоши, именно мозжечок рассчитывает время между сокращениями мышц.

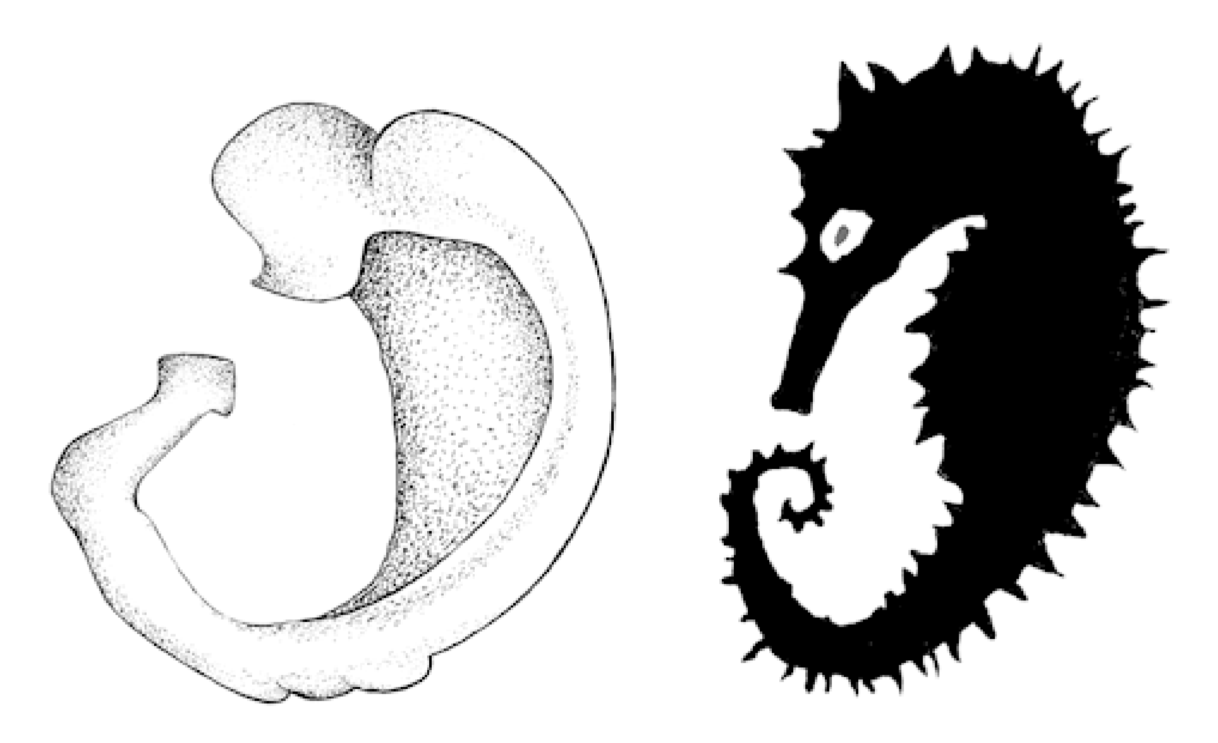
Базальные ганглии – это скопления нейронных ядер в глубине мозга, необходимые для планирования и инициирования как простых движений, так и сложных моторных программ. Базальные ядра тоже хорошо умеют измерять время. Пациенты, у которых они пострадали в результате травм или болезней, кроме проблем с выполнением движений имеют также трудности с отсчетом времени. Особенно ярко это выражено у тех, кто страдает болезнью Паркинсона. Заболевание ведет к разрушению вырабатывающих дофамин нервных клеток в срединном мозге – в той части базальных ганглиев, которая называется «черная субстанция» (*substantia nigra*). Свое название она получила благодаря содержащемуся в ней мелатонину – пигменту, который окрашивает нашу кожу в коричневый, когда мы загораем. Клетки, вырабатывающие нейромедиатор дофамин, исчезают, и в результате возникает нехватка дофамина в полосатом теле – одном из ядер базальных ганглиев. Болезнь приводит и к двигательным проблемам – движения больных становятся медленными и неритмичными. Когда врачи проверяют способность пациентов с болезнью Паркинсона измерить время, например просят их оценить длину разных временных интервалов исходя из внутренних ощущений, выясняется, что короткие интервалы они скорее оценивают как длинные, а длинные – как короткие. Однако картина меняется, если пациенты принимают лекарства, стимулирующие выработку дофамина, – их движения нормализуются. Тот факт, что нейромедиатор дофамин важен для восприятия и обработки времени, доказан также экспериментами с людьми, употребляющими амфетамин. Амфетамин повышает уровень дофамина в мозге, и из-за этого человеку кажется, что время течет быстрее. Медикаменты, которые снижают уровень дофамина в мозге, дают противоположный эффект: людям, принимающим их, кажется, что время идет медленнее. Речь идет, например, о некоторых антипсихотических лекарственных средствах, применяемых для подавления галлюцинаций.

Время как память и ритм

Ритм состоит из повторяющихся звуковых единиц – например, **раз**-два-три, **раз**-два-три, **раз**-два-три у вальса или **раз**-два-три-четыре, **раз**-два-три-четыре у марша. Чтобы почувствовать ритм, нужно, помимо всего прочего, измерять временные интервалы и запоминать их. Необходимо запоминать удары и интервалы между ними, чтобы узнавать их и предугадывать следующие. Именно благодаря ожиданию следующего удара мы чувствуем, как пульсирует музыка, и у нас на интуитивном уровне появляется желание двигаться в ее ритме.

Для того чтобы предсказать событие, нужно пережить нечто подобное в прошлом и, кроме того, помнить об этом. Следовательно, память – это предпосылка для умения предугадывать, планировать и предвкушать. Наш мозг как биологическую систему прошлое не очень-то интересует. Для него главное – это выживание. Естественно, в процессе эволюции умение предугадать грядущие события дает преимущество для принятия верных решений и выживания. Главный смысл памяти состоит в том, что благодаря ей мы способны предсказывать будущее. Мы храним воспоминания о том, что с нами произошло, чтобы использовать их в похожих ситуациях – и не важно, произойдет это через две секунды или 20 лет.

Как верно заметила Королева в ставшей классикой детской книжке Льюиса Кэрролла «Алиса в Зазеркалье», «это плохая память, которая работает только назад»[4]. Хорошая же память работает в обе стороны. Во время наблюдений за активностью мозга с помощью фМРТ пациентов просили о чем-то вспомнить, например о прогулке на лодке или об отдыхе на пляже, и представить такое же событие в будущем. Реакция организма была поразительно похожей в обоих случаях. Признаком активности были вспышки в области гиппокампа глубоко в височной доле. Гиппокамп – это библиотекарь мозга. Он распределяет информацию между кратковременной и рабочей памятью. Что-то уходит в долговременную память, а что-то туда не попадает. Пациенты с повреждениями гиппокампа в обоих полушариях головного мозга – например, после инсультов некоторых видов или черепно-мозговых травм – теряют способность накапливать новые воспоминания.



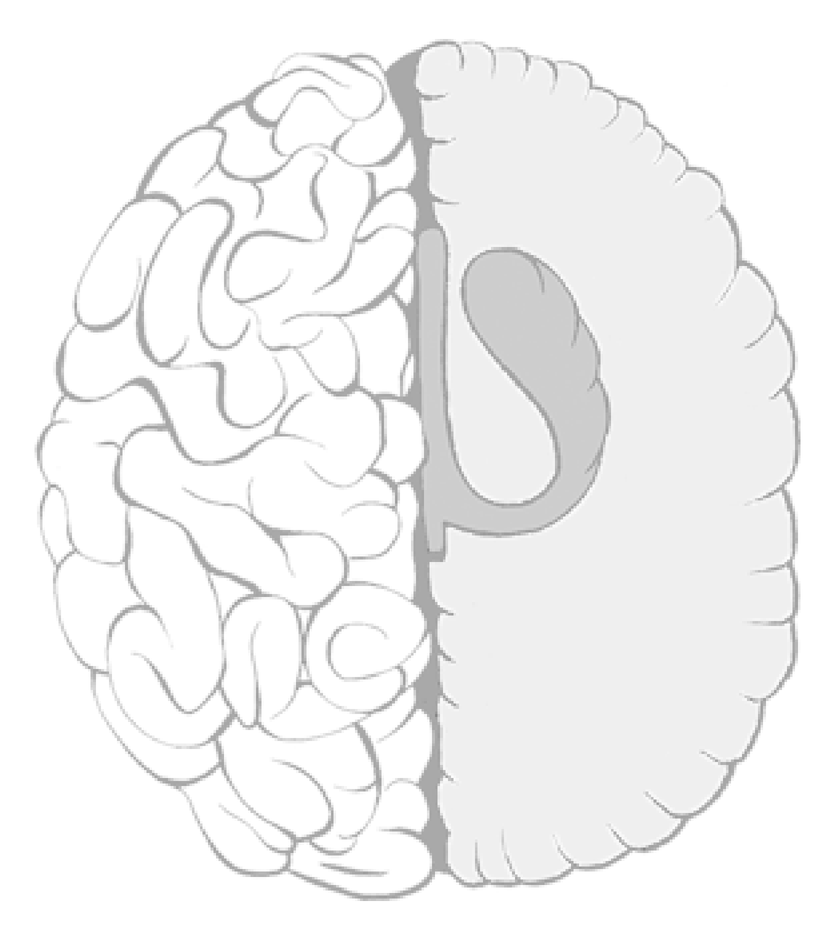
Гиппокамп получил свое название от греческого слова со значением «морской конек» по причине внешнего сходства с этим необычным морским существом. Эта часть мозга имеет важнейшее значение для пространственной памяти и хранения новых воспоминаний.

Они помнят большую часть своей жизни до того, что с ними произошло, и не теряют навыков или полученных ранее знаний, но не могут переносить воспоминания из рабочей памяти в долговременную. Если, например, поздороваться с таким человеком, выйти из комнаты на минуту, а затем вновь войти, он снова поздоровается с вами, как будто вы еще не виделись.

Такие пациенты не помнят, что было вчера, на прошлой неделе или час назад, но они ведут себя совершенно адекватно. Они в состоянии поддерживать беседу о том, что было с ними раньше, но в каком-то смысле их жизнь остановилась. Живут они только сегодняшним днем. Одним из пациентов Гейра Ульве Скейе был водитель грузовика. У него был поврежден гиппокамп в обоих полушариях мозга и кратковременная память полностью отсутствовала. Вот что Гейр рассказывает о нем: «Я никогда его не забуду, но он меня не помнит, хотя долгое время мы виделись по несколько раз в день. Но работать он мог! Перед работой жена выдавала ему подробные памятки. И он доставлял все заказы!»

---

[4] Перевод В. Азова.



Гиппокамп расположен в обоих полушариях мозга, в височной доле. Он разделен на две половинки – по одной в каждом полушарии.

Но бывает и наоборот – все воспоминания о том, что происходит с человеком, безо всякой сортировки переходят прямиком из рабочей памяти в долговременную. Для человека это зачастую очень мучительно и мешает его нормальной деятельности. Память сохраняет все произошедшее, в том числе ежедневные рутинные занятия и тривиальные события, – это мешает и усложняет процесс отделения важного от неважного.

Такую неселективную память имеют некоторые пациенты с расстройствами аутистического спектра. Некоторые из них могут запомнить все телефонные номера со страницы справочника, посмотрев на нее в течение нескольких секунд, или в деталях пересказать события одного дня 20-летней давности. Способности впечатляют, но они не слишком функциональны. Примером человека с такой памятью является Соломон Шерешевский (1886–1958), о котором нейропсихолог Александр Лурия рассказал в «Маленькой книжке о большой памяти»[5]. У Шерешевского была невероятная память, но счастья ему это не принесло. Совсем наоборот: пытаясь забыть хотя бы что-то, он в деталях записывал воспоминания на клочках бумаги, а потом сжигал в надежде, что это поможет от них избавиться.

К счастью, большинство из нас запоминает далеко не все происходящее и вовсе не так точно. Каждый раз, когда мы достаем воспоминание из памяти, оно слегка меняется. В действительности же мы воссоздаем воспоминание каждый раз, когда обращаемся к нему, – похожим образом мы думаем и о будущем. Вот почему так легко заставить человека помнить не то, что происходило на самом деле. Одновременно с этим такое свойство памяти приносит

[5] Лурия А. Маленькая книжка о большой памяти (Ум мнемониста). – М.: Эйдос, 1994.

немало пользы. Ведь память нужна нам для того, чтобы прогнозировать будущее, а потому полезно постоянно совершенствовать более ранние воспоминания в соответствии с поступающей в мозг новой информацией. Так воспоминания пожилых людей приобретают релевантность и ценность в новых ситуациях. Детали воспоминаний постепенно стираются, поэтому мы лучше помним главное из того, что с нами происходило. Вообразите себе, например, воспоминание о прослушивании вступления к Пятой симфонии Бетховена. Вероятно, впервые вы услышали это произведение в оригинальной аранжировке в исполнении симфонического оркестра. Постепенно в воспоминании блекнет состав оркестра (были ли в нем литавры? а скрипки?), время (слышали ли вы симфонию по радио, когда еще учились в начальной школе?) и место (радио на кухне или концертный зал?). С вами остается только самая важная информация: мелодия и ритмика первого отрывка: *«Та-та-та-та!»* Селективная память устроена очень разумно, поскольку дает возможность узнать произведение даже в исполнении оркестра с другим составом, в иной тональности и контексте и даже посреди пьесы в стиле рок или хаус. То же касается других мелодий и музыкальных произведений: мы забываем детали, чтобы нам было проще распознать информацию в новом контексте. Забывать иногда весьма полезно – и в музыкальном плане тоже!

Как рабочая память все упрощает

Если сравнить жизнь с фильмом, то рабочая память – это наши впечатления примерно за последние 20 секунд. Она постоянно обновляет данные. Воспоминания, которые мозг считает важными (например, те, которые связаны с яркими эмоциями), направляются в долговременную память, но большинство просто исчезает. В рабочей памяти мы способны одновременно удержать шесть – восемь единиц информации (например, определенную последовательность чисел). Это ограничение мозгу приходится учитывать, анализируя то, как события развиваются во времени.

Как мы уже упоминали ранее, ритм состоит из повторяющихся звуковых единиц, например **раз**-два-три, **раз**-два-три, **раз**-два-три у вальса или **раз**-два-три-четыре, **раз**-два-три-четыре, **раз**-два-три-четыре у марша. Но последовательность **раз**-два-три-четыре, **раз**-два-три-четыре мы воспринимаем скорее как раз-два-раз-два-раз-два-раз-два. Все дело во врожденной потребности мозга стремиться к упрощению ряда до наименьшего общего кратного. В этом случае мы получим последовательность **раз**-два-**раз**-два для размера такта 4⁄4, но по-прежнему **раз**-два-три, **раз**-два-три для размера 3⁄4. Такт 6/4, напротив, легко ошибочно принять за **раз**-два-три, **раз**-два-три – в этой последовательности один из трех ударов окрашен сильнее. Это явление называют группировкой объектов (*chunking*). Мозг попытается свести крупные сложные повторяющиеся единицы к более мелким и простым. Так их будет проще запомнить. Как мы уже говорили, мозг не может зараз поместить в рабочую память больше шести – восьми единиц информации. Но с помощью группировки воспоминаний кратковременная память может вместить в себя больше информации и сделать ее более наглядной. Это касается не только музыки. То же самое и с речью: мозг может рассматривать как единое целое знакомые фразы и даже целые предложения, а не только отдельные слова. Таким образом, мы можем удерживать в рабочей памяти больше информации и строить длинные и сложные предложения и высказывания.

Стремление мозга группировать различные элементы выражено настолько сильно, что он видит ритмы даже там, где их на самом деле нет. У тикающих часов большинство услышит звук *«тик-так-тик-так»* – ритмическое ударение будет повторяться через раз. Но на самом деле часы каждый раз издают один и тот же звук: *«тик-тик-тик-тик»*. Следовательно, мозг настолько нацелен на поиск ритмов, что создает их из ничего.

Чтобы ощутить ритм именно как ритм, мозгу необходима повторяющаяся структура – с ее помощью он формирует ожидание следующего удара. Поэтому ритмическая структура может содержать не больше шести – восьми различных ударов (единиц) и должна повторяться каждые 10–20 секунд (время работы кратковременной памяти), чтобы память не переполнялась. Вот почему музыкальное произведение сложно узнать, если его исполняют слишком медленно, и довольно легко, если его играют быстро. Если не все основные единицы музыкального произведения уместятся в кратковременной памяти, так как мелодия звучит слишком медленно, у мозга не получится сравнить полученную информацию с той, которая имеется у него в базе данных, и опознать структуру как музыкальное произведение.

Тайна ритма

Объем рабочей памяти и нехватка опыта также накладывают ограничения на то, насколько сложные ритмы мы способны воспринимать именно как ритм, а не как хаотичный набор звуков. Зачастую это вопрос практики: чем дольше мы учимся воспринимать сложные ритмы, тем лучше мозг группирует элементы. Благодаря этому мы со временем обретаем способность одновременно удерживать в кратковременной памяти большее количество элементов и понимать более сложные ритмы. Учиться этому, как и всему остальному, лучше всего в детстве. Если рано начать слушать сложные ритмы, мозг научится лучше группировать удары и тоны – так, чтобы они не пропадали из рабочей памяти. Полученную информацию он структурирует и сравнивает с ранее услышанной музыкой – так мы учимся строить гипотезы о ритме и структуре и чувствовать пульс музыки. Современным западным слушателям по этой причине не слишком нравятся неровные ритмы, или полиритмия, хотя они в изобилии присутствуют в народной музыке и музыке первобытных племен (она подразумевает, что люди являются участниками действа, а не просто слушателями). Сложная полиритмия наблюдается, например, в балканских и африканских барабанных ритмах. Необходима определенная тренировка, чтобы распознавать такие ритмические структуры, – в противном случае человек будет воспринимать их как какофонию. Корни современной западной академической музыки уходят в григорианское пение, а в нем ритмическая структура отсутствует. Несмотря на то, что в эпоху барокко создавалась ритмически более сложная музыка, во времена классицизма и романтизма возрастала сложность гармонии, тембра и мелодической линии, а ритм упрощался. Наивысшей точки такое развитие достигло у Малера и Вагнера.

Возможно, все дело в том, что количество информации, которое мозг способен принять и проанализировать во время прослушивания и исполнения музыкального произведения, ограниченно. Следовательно, если усложняется гармония и мелодия, необходимо упростить ритм, сохранив тем самым целостность музыкального произведения. Видимо, мы вынуждены выбирать: либо сложные мелодия и гармония, либо сложный ритм. На то и другое сразу кратковременной памяти и анализаторских способностей мозга просто-напросто не хватит. Современная поп-музыка, рок и джаз имеют очень простые ритмы по сравнению с музыкой первобытных племен. Несмотря на отдельные примеры чистой полиритмии в джазе, мы гораздо чаще встречаем синкопирование простого основного ритма, что можно скорее рассматривать как фрагменты полиритмии. Так что, хотя у музыкантов, особенно у джазовых, чувство ритма лучше, чем у тех, кто не занимается музыкой, даже джазовые музыканты не сравнятся с теми, кто играет на традиционных африканских барабанах.

Общий ритм

Во всех первобытных культурах полиритмия была нормой. Мы от природы к ней склонны: все сложные движения нашего тела полиритмичны. Разные группы мышц сокраща-

ются и расслабляются в разной последовательности – в руках и ногах, справа и слева – и на различных этапах движения.

Все движения зависят от точного расчета времени. А все движения, требующие повторений, такие как бег и ходьба, очень ритмичны. Когда мозг анализирует слышимые нами ритмы или создает собственные, работают те же моторные системы, что при совершении телодвижений. Это объясняет нашу удивительную склонность привязывать движения тела к внешним ритмам, двигаться им в такт. Эта способность присуща только человеку. Ребенок очень рано начинает синхронизировать свои движения с ритмичной музыкой. Обезьяна или кошка так не смогут, даже если их долго дрессировать. А когда люди вместе гуляют, они очень скоро начинают двигаться в такт. У животных такого не бывает. Музыкальный ритм, или общий ритм, кажется, присущ только человеку. Исследования также показали, что мы легче следуем ритму, источником которого является человек, а не машина. Может, дело в том, что благодаря мелким неточностям, неизбежно присутствующим в человеческом ритме, мы отличаем людей от машин и чувствуем связь с ними. Еще один научный эксперимент показал, что музыка, которую мы воспринимаем как сочиненную человеком, активирует в мозге нейронные сети, ассоциируемые с теорией сознания, или ментализацией, то есть способностью поставить себя на место другого человека. Музыка, которую, как нам кажется, создала машина, напротив, на них не влияет. Значит, мы выделяем на интуитивном уровне живое и человеческое – и чувствуем с ним связь через музыку. Это отражается и в происхождении слова «такт» – оно образовано от латинского *tactus*, «прикосновение». В английском слово *tact* по-прежнему сохраняет элементы первоначального значения – определенную чувствительность к чужой ситуации при взаимодействии с людьми. То же самое мы наблюдаем в выражении «тактичное поведение». В каком-то смысле такт всегда имеет отношение к другим людям.

Способность ритма побуждать человека к движению была известна с Античности. Гиппократ описывал, как музыка и ритм помогают пациентам, прикованным к постели после переломов в области таза (разумеется, это было задолго до того, как люди научились их оперировать). Он рассказывал, как пациенты, словно потерявшие связь со своими конечностями и разучившиеся ходить, вновь учились двигаться с помощью музыки и ритма. Об этом мы еще поговорим чуть позже.

Эмоция, мысль и движение

Под музыку автоматически подстраивается не только моторика. Это свойство присуще также пульсу, дыханию и эмоциям. Возможно, все дело в том, что базальные ганглии, расположенные в глубине мозга и играющие важную роль в программировании и планировании движений, отсылают сигналы в лимбические (связанные с эмоциями) и когнитивные (связанные с мыслями и представлениями) отделы мозга. Базальные ганглии обрабатывают параллельно эмоции, моторику и когнитивные задачи. И все эти процессы влияют друг на друга больше, чем нам кажется. Все, кто смотрел мультфильмы, подтвердят: нетрудно понять, что чувствуют герои, если мы видим, как они двигаются. В английском и французском языках слова «движение» и «эмоция» отличаются лишь одной буквой: *motion/emotion*. Новейшие исследования зеркальных нейронов – в этой книге мы еще рассмотрим их подробнее – это подтверждают: мозг автоматически распознает эмоции и намерения человека, наблюдая за его движениями и анализируя их. И происходит это мгновенно, задолго до того, как сознание обнаружит связь.

Но на движения влияют не только эмоции. Влияние идет и в обратную сторону. Пример тому – мышцы лица, которые сила воли контролирует лишь отчасти. Процессы, связанные с мимикой, по большей части автоматизированы: радость, печаль и другие эмоции как бы сами собой отражаются у нас на лице. Но нашими эмоциями управляют в том числе и движения. Эксперименты показали: если вы, например, возьмете в зубы карандаш (то есть натужно улыб-

нетесь), ваши мысли приобретут более положительную окраску, а постепенно улучшится и ваше настроение (однако это не повод целый день ходить с карандашом в зубах!). И даже доказано, что судьи имеют тенденцию выносить более строгие приговоры, если их просят наморщить лоб, а не улыбнуться. При сокращении подвижности мускулатуры – например, инъекциями ботокса (который парализует некоторые мышцы лица, убирая морщины) – в какой-то степени ослабевает способность чувствовать радость и воодушевление, а значит, отчасти уйдет и эмоциональность. Так что пожилые голливудские актеры становятся «непригодными» не только из-за мимики. Из-за ботокса, возможно, теряется способность перевоплощаться в того или иного персонажа.

В мозге движение, ритм и эмоции при прослушивании музыки связаны друг с другом столь тесно, что даже изменение темпа повлияет на нашу оценку эмоционального содержания. Медленная музыка скорее покажется нам грустной, чем быстрая. Проведенные исследования продемонстрировали, что водители, слушающие музыку с более высокими частотами (в этих исследованиях использовался рок), имеют более агрессивную манеру езды, чем те, кто слушает более спокойную музыку (например, Селин Дион). Совет от ученых: за рулем выбирайте музыку с темпом, соответствующим пульсу покоя. Если ее темп быстрее, водитель, распаляясь, начинает вести себя на дороге более агрессивно.

Ритм мозга

Как мы уже поняли, многие явления, имеющие отношение к ритму, связаны с активностью базальных ганглий. Но для восприятия ритма важен и мозжечок. У него весьма своеобразная структура. Он принимает огромное количество информации от всех отделов мозга, а отсылает, если сравнить, намного меньше. На самом деле мозжечок принимает на хранение примерно в 1000 раз больше информации, чем отдает. Входящую информацию он в значительной степени обрабатывает и анализирует еще до того, как отправить обратно.

Не будь мозжечка, наши движения стали бы отрывистыми и неверными. Именно благодаря ему указательный палец, прочертив аккуратную ровную дугу, касается кончика носа во время проверки на трезвость или на приеме у врача. Мозжечок участвует и в когнитивных процессах. Особенно в тех, которые касаются наших представлений о будущем. Спланировать движение заранее – это своего рода предсказание будущего. И кроме того, что мозжечок выполняет такие простые моторные программы, он, вероятно, еще и активно участвует во всех формах планирования будущих событий, а потому важен для обработки ритма. При обширных повреждениях мозжечка поддержка ровного ритма становится практически невозможной, как и многие другие действия. Исследования говорят о том, что мозжечок, вероятнее всего, отвечает за анализ ритма на уровне миллисекунды, в то время как базальные ганглии анализируют картину менее детально, на уровне секунды. Для анализа явлений, протяженных во времени и требующих участия рабочей памяти, мозг использует главным образом левое полушарие. К таким явлениям относится и ритм. На это указывают медицинские данные, полученные в результате исследований людей с повреждениями мозга. Для восприятия пульсации ритма, вероятно, важно и правое полушарие. Многое говорит о том, что правое полушарие играет большую роль при восприятии любого явления как единого целого – в том числе и ритма.

Исследования показывают, что, когда джазовые музыканты слышат ритм, у них также возникает активность в зоне Брока. Этот передний отдел мозга в левом полушарии обычно ассоциируют с языком и речью. Он отвечает за синтаксис языка. В вышеупомянутых исследованиях для распознавания строения сложных ритмов, возможно, активировалась зона Брока. Такие открытия подтверждают и многие другие исследования, по данным которых музыканты в большей степени используют левое полушарие, когда слушают музыку. Вероятно, это объясняется тем, что музыканты скорее распознают различные элементы музыки когнитивно. У них

есть для этого отдельные термины (ритм, мелодия, гармония), и они более активно пользуются левым полушарием, отвечающим за анализ.

В языке тоже есть ритм. Но он сильно отличается от музыкального, повторяющегося и сохраняющегося на протяжении длительных временных интервалов. Языковой ритм постоянно меняется. Однако, судя по всему, первый выученный нами язык накладывает отпечаток на наше восприятие ритма. *Ритм* родного языка действительно влияет на то, как мы воспринимаем музыкальный ритм. Этим явлением интересовался чешский композитор Леош Яначек (1854–1926). Ритм написанных им музыкальных произведений имеет много общих черт со звучанием чешского языка – и чтобы понять это, даже не нужно быть чехом. То же самое во многом характеризует британскую музыку. Послушайте, например, Бенджамина Бриттена (1913–1976) или Эдварда Элгара (1857–1934) – вы точно почувствуете, что они британцы. Дело не только в музыкальных традициях страны, но и в базовых особенностях конкретного языка. Мы с легкостью найдем нечто норвежское в произведениях Эдварда Грига, и легко поверить, что норвежцы воспроизводят эти мотивы лучше всего. Может, это не просто предвзятое отношение? Может, родной язык должен обязательно быть норвежским, чтобы музыкант мог на высоком уровне исполнять произведения Грига, или чешским, чтобы играть Яначека? Может, это объясняет, почему столь многие любят национальных композиторов и народную музыку? Некоторые исследования изучали именно этот вопрос. Одно из них (под руководством Ханнон, 2009 год), например, показало, что слушатели могут определить довольно точно, французский или английский композитор написал инструментальное произведение. Еще одно исследование (под руководством Соли, 2010 год) выявило, что четырехмесячным младенцам с Балкан и из США детские песенки с ритмикой их культуры нравятся больше, чем другие. И Патель с коллегами в 2006 году также доказал, что длительность гласных звуков, характерная для французского и английского языков, отражается в музыке, соответственно, французских и британских композиторов.

Как мы видим, наша память – это предпосылка для восприятия ритма. Но ритм также способен помочь памяти. Намного проще запоминать рифмы и правила, звучащие ритмично, чем чисто прозаические тексты. Именно благодаря ритму можно по памяти воспроизвести всю «Илиаду» Гомера. И именно благодаря ритму австралийские аборигены вообще могут запомнить все эти песни, которые они используют для описания пейзажей и маршрутов перемещения по огромной стране.

От музыки – к эмоции

Слушая любимую музыку, мы словно оказываемся в потоке, расслабляемся и успокаиваемся. Музыка подталкивает нас к деятельности и пробуждает наши силы – все зависит от выбранной композиции и желаемого результата. С ее помощью можно создать спокойную и романтичную атмосферу после тяжелого дня или поднять себе настроение после тренировки или перед вечеринкой. Иногда мы слушаем музыку, целиком сосредотачиваясь на ее восприятии, в темном и тихом концертном зале. А иногда нас больше захватывает чувство сопричастности – словно в трансе мы подпрыгиваем вместе с толпой на рок-концерте.

В способности вызывать у нас те же чувства, которые испытывают люди рядом, и погружать нас в то же состояние, в котором находятся другие, и состоит одно из главных чудес музыки. Представьте себе парад на 17 мая[6]: как только школьный оркестр начинает играть марш, все стоящие рядом люди немедленно выпрямляют спины, поднимают головы и начинают двигаться в общем ритме, вместе маршируя и непременно попадая в такт. Всего за несколько секунд огромное количество людей, еще недавно бывших разрозненной толпой, превращается в однородную, ритмично движущуюся группу. Давайте подумаем и о том, что происходит во время похорон. Все приходят поодиночке или небольшими группами. Разумеется, случившееся влияет на всех, однако эмоции у всех разные. Затем звучит прелюдия в миноре или первый похоронный псалом. И довольно быстро все собравшиеся оказываются примерно в одном и том же эмоциональном состоянии. Неслучайно все общие ритуальные действия – от футбольных матчей до свадеб и похорон – начинаются с музыки. Способность музыки быстро и без единого слова содействовать нашему эмоциональному сближению, совершенно уникальна.

Чувства, сознание и гипотезы о мире

Хотя вышеперечисленные сценарии совершенно разные, процессы, благодаря которым в нашем мозге звучит музыка, одни и те же – и в целом они протекают на бессознательном уровне. Не нужно слишком сильно напрягаться, чтобы наши эмоции читались в наших движениях, хотя на самом деле все это довольно сложно и задействует значимую часть мозга. Какие же задачи встают перед мозгом, когда он слышит музыку?

Музыка – довольно сложное явление, взять хотя бы конкретное сочетание тональности, тембра и аккордов. Получая всю эту и многую другую информацию, мы анализируем ее и наделяем значением. Изначальная гремучая смесь, состоящая из звуковых частот, постепенно превращается в более или менее структурированные системы. Но музыка – это не только тембр и аккорды. В ней есть еще мелодия, гармония и ритм, то есть меняющиеся структуры, которые мы не можем проанализировать в отдельно взятый момент времени. Эти самые структуры нам необходимо удерживать в кратковременной памяти довольно долго, чтобы они превратились для нас в значимые и поддающиеся анализу временные последовательности. Затем мы сравниваем их с уже знакомыми частотами. Все эти процессы, собираясь вместе, образуют целостное музыкальное впечатление, влияющее на наши чувства. Как мозг это делает? В чем же секрет?

Как это часто бывает, нужно сделать шаг назад. И даже большой крюк! Но сначала стоит подробнее рассмотреть наше сознание и его функции. А затем мы поговорим об эмоциях. Будет непросто, но весело. Вперед!

---

[6] 17 мая отмечается День Конституции Норвегии. В честь праздника по всей стране проходят шествия, главные участники которых – дети. – *Прим. ред.*

Ограниченность сознания

Как мы уже говорили, основная задача мозга – строить гипотезы на будущее и непрерывно обновлять их. Что сейчас происходит, что это означает для меня и как лучше всего поступить? Оценку мозг дает автоматически на уровне подсознания – в частности, он следит за давлением, пульсом и дыханием. Возникающие потребности всплывают в сознании. Когда телу нужно пополнить запасы энергии, сигналы о пустом желудке и снижающемся уровне сахара в крови сначала отправятся к подсознательным уровням мозга. Через какое-то время сигналы станут настолько явными, что доберутся до сознания, а мы обратим внимание на то, что у нас сосет под ложечкой. И это довольно практично. У потребностей, добирающихся до сознания раньше, чем мы должны их удовлетворить, есть огромное преимущество: сознание может счесть их более важными по сравнению с другими, конкурирующими, – а сравнивать оно умеет очень хорошо. Что сейчас важнее – поесть или успеть на поезд, попить воды или убежать от рычащего льва?

К сожалению, объем нашего сознания ограничен. Если вы как-нибудь пробовали одновременно вдумчиво читать и следить за сюжетом фильма или ехать на велосипеде и писать сообщение, то вы об этом прекрасно знаете. И, естественно, доступ к сознанию получают лишь те сигналы и потребности, которые в данный момент кажутся нашему мозгу важнее других. Вот почему мы не чувствуем голода, когда поглощены просмотром интересного фильма или бежим за автобусом. Или можем не чувствовать даже очень сильную боль, если нашей жизни что-то угрожает, – в приоритете у сознания всегда находится лишь самое важное.

По той же причине на глубоких уровнях подсознания не прекращается процесс принятия решений, в который наше ограниченное сознание даже не вмешивается. Хотя мы считаем, что всегда принимаем решения сознательно и рационально, нужно понимать, что мозг постоянно взвешивает варианты и оценивает их. Во время одного эксперимента испытуемых поместили в томограф, фиксировавший активность мозга, и дали им по кнопке в каждую руку. Затем их попросили нажать на одну из кнопок; кроме того, они должны были подавать сигнал в момент, когда выбрали, какой рукой будут нажимать на кнопку. Томограф регистрировал активность в отделе мозга, руководящем выбранной рукой, на семь секунд раньше, чем испытуемые осознанно делали выбор! Даже такое простое действие, как выбор кнопки, на которую нужно нажать, оценивается (если не сказать управляется) подсознательными или даже предсознательными процессами в мозге.

Мы часто говорим «нужно положиться на интуицию». Но интуиция – это не что иное, как сумма доступных нам ощущений, бессознательно интерпретируемых мозгом. «Положиться на интуицию» – значит всего лишь положиться на бессознательный выбор, сделанный мозгом. Зачастую это весьма разумно. Дело в том, что мозг основывает этот бессознательный выбор на миллиардах импульсов, идущих от всех сенсорных систем, а также на опыте, полученном в схожих ситуациях. Таким образом, к «автоматическим» решениям, которые принимает наше подсознание, стоит относиться внимательнее. Ведь наш мозг имеет склонность отдавать предпочтение тому решению, которое немедленно принесет нам удовлетворение (например, он предпочтет дать нам съесть еще кусочек торта, снизив приоритет цели похудеть, или пройти еще один уровень компьютерной игры, вместо того чтобы читать учебник).

Здесь и появляются эмоции.

Чувство музыки

Почему нам приносит такую радость композиция «Walking on Sunshine», поп-хит группы Katrina and the Waves, а вот Ноктюрн № 20 до-диез минор Шопена, наоборот, заставляет гру-

стить? Почему музыка имеет для нас столь яркую эмоциональную окраску? Чтобы найти ответ, прежде всего нам надо узнать побольше о том, что такое чувства и каковы их функции.

С точки зрения нейробиологии есть разница между эмоциями и чувствами. Под эмоциями понимаются физиологические реакции тела, возникающие, как правило, как ответ на внешний стимул. Многие, увидев змею, почувствуют, что сердце бьется быстрее, во рту пересохло, кожа бледнеет, мышцы сокращаются. Все это – физиологическая реакция на то, что мозг воспринимает как опасность. Страх появляется как реакция на физиологические изменения (эмоции), запускаемая в тот момент, когда мы видим змею. Можно подумать, что мы ищем эту разницу (эмоция против чувства) там, где ее на самом деле нет. Однако именно в этой небольшой разнице заключается объяснение того, что такое чувство. Это ответ на то или иное состояние тела. Чувства можно рассматривать как способ мозга рассказать сознанию о том, что происходит с телом. Другими словами, чувства не имеют никакого отношения к иррациональной «чувственности» – это просто-напросто полезная информация, которую наше сознание использует для интерпретации происходящего, и реакция тела на эту информацию. Таким образом, чувства не могут быть «правильными» и «неправильными». Но мы взвешиваем и интерпретируем их в совокупности с прочими данными и благодаря этому принимаем верные решения. Когда мы видим змею и сильно пугаемся, правильным решением будет поддаться импульсу и запрыгнуть на стол, чтобы оказаться от нее подальше, ведь змея может быть опасной. А если змея перед нами пластмассовая, лучше отбросить чувство страха и, воспользовавшись информацией о том, что она все-таки пластмассовая, приглушить эмоции. Например, глубоко вдохнуть, досчитать до 20 и привести в норму пульс и дыхание. Мы постоянно принимаем решения на основе наших чувств, информации, поступающей от различных органов, и жизненного опыта. Приведем пример. Сенсорные нейроны в наших артериях регистрируют повышение содержания соли в крови (это как раз эмоция). В результате в сознании возникает чувство жажды. Наш мозг оценивает его в контексте имеющейся информации («Киоск открыт? Может, мне стоит купить воды или лучше потерпеть до дома и утолить жажду бесплатно?»), и мы сами решаем, когда пить – сейчас или позже. Велосипедист задевает прохожего, проносясь мимо на огромной скорости. Тот роняет пакет с покупками и разбивает яйца. У прохожего повышается уровень адреналина, кровь приливает к коже и повышает температуру, сердце бьется быстрее (и снова эмоция), и в сознании возникает чувство гнева. Его мозг в этот момент оценивает желание ударить велосипедиста в контексте социальных норм, возможных последствий и имеющегося опыта. Мы очень надеемся, что вы в такой ситуации решите никого не бить и вместо этого громко выругаетесь.



На наши чувства может повлиять и музыка, так как она вызывает ответные реакции тела. Как мы уже говорили, если посмотреть на получаемую от органов чувств информацию с точки зрения эволюции, наше выживание в доисторические времена было связано со способностью структурировать такую информацию, находить в ней смысл и исходя из этого действовать. То же самое и со звуками: наш мозг запрограммирован структурировать тоны и звуки и *находить* в обнаруженных структурах смысл. Следовательно, мы всегда берем в расчет то, что тоны и звуки имеют какое-то *значение*. Шведский профессор психологии Патрик Юслин разработал целую систему, чтобы попытаться понять, как идет процесс восприятия музыки. По мнению Юслина, у музыки есть как минимум семь путей, чтобы добраться до наших эмоций. Рассмотрим их подробнее:

1. Рефлексы ствола головного мозга.

Если говорить об истории развития мозга, то ствол – его старейший отдел. В стволе головного мозга протекает множество жизненно важных процессов, таких как регулировка дыхания, ритма сердца и температуры тела. Ствол головного мозга – первая точка на пути звуковых сигналов, идущих из внутреннего уха в мозг. Уже здесь частично объединяются сигналы, идущие от двух ушей, здесь же высчитывается, например, временная разница между сигналами от правого и левого уха – благодаря этому мы понимаем, где находится источник звука. Все эти процессы автоматизированы и обусловлены генетически. Слуховые рефлексы в стволе головного мозга превращают отдельные звуковые сигналы в физиологические реакции – так в мозге рождаются чувства.

Пример – резкие, неожиданные звуки, запускающие в стволе мозга реакцию вздрагивания (старт-рефлекс). Мышцы во всем теле резко сокращаются, мы моргаем и подскакиваем. Еще один пример – сильные диссонансы, автоматически приводящие тело в состояние тревоги. Вероятно, так исторически сложилось, что рев крупных и опасных животных громкий и диссонансный – следовательно, способность быстро привести себя в состояние полной боевой готовности при подобных звуках имеет большое значение для выживания. Иногда музыканты и композиторы пользуются этим механизмом сознательно, быстро и резко меняя музыкальное произведение. Например, когда после спокойной сольной партии вдруг начинает играть весь оркестр разом. На уровне ствола головного мозга активируется сеть, повышающая уровень возбуждения и внимания (в том числе через так называемую ретикулярную активирующую систему). А соответствующие эмоциональные реакции влекут за собой чувство удивления или повышенного интереса.

2. Захват ритма.

Как мы уже упоминали в этой книге, музыкальный ритм имеет множество функций. Но он также влияет и на чувства. Если слушать музыку с ярким ритмическим компонентом, под него начнут подстраиваться ритмы тела, например пульс и дыхание. Известно, что, если люди вместе слушают ритмичную музыку, их дыхание и пульс синхронизируются и приобретают общий ритм. Как мы уже знаем, физиологическая реакция превратится в эмоцию, когда дойдет до мозга. Примером может послужить тот факт, что марши или техно-музыка повышают уровень возбуждения и вызывают у слушателей чувство единения. На уровне физиологии это выражается в синхронизации пульса и дыхания. Точно так же ритм музыки отражает ритмы нашего тела. Все марши имеют двудольный размер – просто потому, что у человека две ноги, а значит, ему удобнее всего подстраиваться под двухчастный ритм. Музыка отражает ритм движений, присущий нам от природы. Было бы у нас три ноги, все маршевые произведения имели бы такт вальса, то есть 3/4!

3. Условный рефлекс.

Слово «рефлекс» описывает процесс, когда физиологическая реакция переносится от одного стимула на другой, если они воздействуют одновременно. Классический пример – эксперимент русского ученого Ивана Павлова, проведенный более 100 лет назад. Он наблюдал за усилением слюноотделения у собак во время кормления. Звоня в колокольчик во время кормления животных, он постепенно добился повышенного выделения слюны *только* от звонка – физиологическая реакция перенеслась с пищи на другой стимул, звон колокольчика. Рефлексы могут возникать у человека, и если он периодически слушает определенную музыку в определенных обстоятельствах. Пример тому – Норвежский танец № 2 Эдварда Грига. Его легко узнаваемая тема использовалась как вступительная мелодия к программе Norge Rundt[7] и как звуковой сигнал фургончика с мороженым. И Norge Rundt, и фургончик с мороженым вызывают множество положительных эмоций – уют, отдых, мгновения радости и чувство единения. Потому у разных людей при звуках этой мелодии возникают одни и те же ассоциации и чувства. Физиологическая реакция переносится на новый стимул – мелодию. Этот эффект, вероятно, отчасти объясняет популярность музыкальных клипов. Клипы, которые вызывают у зрителей положительные эмоции, способствуют впоследствии восприятию с аналогичными эмоциями и самой песни – уже без видеоряда.

4. Эмоциональная эпидемия.

Все мы знаем, как чужие чувства влияют на наши собственные. Увидев чье-то грустное лицо, мы тоже начинаем грустить. Мы радуемся при виде чужой радости, сочувствуем чужой боли – автоматически копируем звуки, выражение лица и положение тела пострадавшего. Представьте, какой будет ваша реакция, если кто-то прищемит дверью палец: вы автоматически крикнете «Ай!», наморщите лоб и прижмете к себе руку. Способность автоматически распознавать чужое состояние заложена глубоко в нашей нейробиологии в форме, которую называют зеркальной нейронной системой. Она состоит из мозговых клеток, которые активизируются, когда мы совершаем движение *и* когда видим (или слышим), как то же самое движение совершает кто-то другой.

Примером служит чужая улыбка. Это моторное действие, совершаемое определенными мышцами лица по определенной схеме, и, когда мы видим его у других, оно отражается и в нашем собственном мозге. Как мы уже говорили, эта физиологическая реакция (или эмоция) вызовет в нас чувство радости. И вот мы автоматически разделяем чувство радости, и оно не может ускользнуть от нашего сознания, работающего довольно медленно и имеющего ограниченный объем. С помощью зеркальной нейронной системы мы автоматически и молниеносно разделяем чувства с другими людьми. Такая система весьма разумна, поскольку экономит и время, и объем нашего ограниченного сознания. А наше сознание в это же время может думать о других вещах – например, о том, что бы сейчас сказать стоящему перед нами человеку.

По мнению профессора психологии Патрика Юслина, у нас есть подобная система для анализа заложенных в музыке смыслов и чувств. Автоматически и на бессознательном уровне мы понимаем, какие чувства хотел передать композитор или музыкант, и у нас самих глубоко внутри зарождаются те же самые чувства. Хотя в данный момент это лишь теория, существуют исследования, которые ее подтверждают. Например, известно, что при прослушивании экспрессивной музыки активизируется нейронная сеть, контролирующая голосовые связки (словно мозг слушателя отзеркаливает происходящее в голове у исполнителя). Известно, что при прослушивании музыкального произведения, которое слушатель и сам когда-то исполнял на фортепиано, активируются моторные отделы мозга, контролирующие движения пальцев.

[7] Norge Rundt («По всей Норвегии») – норвежская телепередача, рассказывающая о представителях разных профессий, организациях и компаниях, а также животных – и о жизни страны в целом. Существует с 1976 года. – *Прим. пер.*

Если теория и имеющиеся в настоящее время данные верны, то они объясняют еще одно явление, касающееся нашего отношения к музыке, – поклонение кумиру. Неистовое преклонение перед идолом и отождествление себя с ним, характерные для фанатов известных музыкантов от Уле Булля до Джастина Бибера, в некоторой степени объясняют нейробиология и механизм работы зеркальных нейронов. Из-за них фанаты ощущают единение со своим кумиром. Как мы уже сказали, в данный момент это лишь предположения.

5. Визуальные представления.

Что вы представляете себе, когда слышите вступление к «Весне» из цикла «Времена года» Вивальди? Видите ли вы танцующие ручейки, озорных птичек, пробивающиеся из земли цветы или все вместе – ваше воображение сугубо индивидуально. Но большинство из нас все же видит кое-что общее: эта часть «Времен года» буквально заставляет нас представить себе что-то рвущееся наружу, кипучее и весеннее, а еще довольно сложно слушать композицию Брюса Спрингстина «Drive All Night» и не представлять себе машину с горящими фарами, несущуюся в ночи по американскому шоссе. Способность музыки рисовать в нашем воображении картины отчасти невербальная (музыка без слов тоже создает картины), а отчасти вербальная: в случае с «Drive All Night» текст песни описывает ситуацию, визуализировать которую также позволяет медленный, тягучий ритм и повторяющаяся мелодия. Эффект можно усилить с помощью внедрения в музыкальную композицию естественных звуков, напрямую вызывающих у слушателя визуальные воспоминания. В свою очередь, наши визуальные представления усиливают эмоциональные реакции на музыку, а тем самым и на возникающие при ее прослушивании чувства. Эффект используется в музыкальной терапии в виде техники под названием The Bonny Method of Guided Imagery and Music (BMGIM)[8], когда при прослушивании классической музыки как бы «проявляются» внутренние картины, представления о явлениях и телесные ощущения.

6. Эпизодическая память.

Музыкальное произведение бывает очень личным в том понимании, что создает особую атмосферу или вызывает в памяти воспоминание из жизни конкретного слушателя. Это явление можно назвать «Любимый, это наша песня». Обычно в жизни каждого есть один или несколько важных эпизодов, с которыми связаны определенные музыкальные произведения («Под эту песню мы первый раз танцевали» или «На концерте эта оратория произвела на меня огромное впечатление»). И когда в памяти всплывает этот особый эпизод, возникает и соответствующее чувство.

7. Музыкальные ожидания.

Мозг прогнозирует будущее, словно машина. Смысл наличия мозга, если можно так выразиться, состоит в том, чтобы уметь предугадывать будущее: что произойдет через несколько миллисекунд – на уровне рефлексов – и что случится через пару минут, часов, дней, недель и лет. В главе «Ритм» мы упоминали, что память и ожидания представляют собой две стороны одной медали. Так же обстоит дело с перцепцией (восприятием мира) и ожиданием того, что случится дальше (построением гипотез). Другими словами, задача мозга – перцепция на основе гипотез. Всю жизнь мы пытаемся с помощью внутренних, основанных на опыте микромоделей окружающего мира предугадать, что случится с нами в следующую секунду. И модели будущего непрерывно обновляются на основе данных, поступающих от наших органов чувств. Это происходит в том числе и из-за того, что наши ожидания обычно расходятся с тем, что происходит на самом деле. Или, выражаясь другим языком, из-за разницы между ожида-

[8] Метод доктора Бонни «Направленное образное представление под музыку». – *Прим. ред.*

емым и фактическим результатом гипотеза подвергается пересмотру – а вместе с ней подвергаются ему и все наши действия.

Как мозг удивляется уже известным вещам

Наш мозг, как и все биологические образования, подверженные постоянным изменениям, пытается найти самый экономный с точки зрения времени и расходования энергии режим работы. Умение формулировать правильные ожидания – весьма полезное качество. Двумя примерами эффективности могут служить мобильная связь и обработка визуальных сигналов. Стандарт мобильной связи GSM (от французского Groupe Spécial Mobile) позволяет сократить объем передачи данных. Алгоритм linear prediction coding (LCP, линейное предиктивное кодирование) прогнозирует форму волны от одного момента во времени до другого, а затем лишь пересылаются ошибки в расчете (prediction error), для чего требуется гораздо меньшее количество данных, если сравнивать с полной информацией о волне. Видеостандарт MPEG-2 для DVD устроен похожим образом. Он пользуется данными одного изображения, чтобы спрогнозировать следующее (в фильмах каждый последующий кадр зачастую очень похож на предыдущий), а потому требуется сохранить лишь различия между ними, а не оба изображения целиком. Таким образом значительно экономится место на диске.

Когда мозг предугадывает события и строит гипотезы о мире, в нем идут похожие процессы. На основе опыта строятся предположения о том, что произойдет дальше. Если гипотезы ошибочны, они впоследствии перестраиваются. Таким образом наши представления о ближайшем будущем точнее соответствуют действительности, а наше восприятие и способность прогнозировать совершенствуются и требуют затрачивать все меньше сил. Как и в случае со стандартом DVD, нам нужно сознательно обращаться не ко всей информации, поступающей от органов чувств, а лишь к той, которая может иметь значение для будущих событий.

Таким образом, с помощью теории вероятности мы постоянно просчитываем вероятность событий в том мире, о котором нам рассказывают органы чувств. Это невероятно эффективный метод. Но иногда нам кое-что мешает. Возьмем забавный пример из скетча: ведущий новостей, как нам казалось, одетый в костюм, встает из-за стола – и оказывается, что он сидел в одних трусах. Мы удивляемся, потому что это весьма неожиданно. На сетчатке глаза реальность выглядит как двухмерная картинка: на ней изображена верхняя часть тела над столом. Но нам этого недостаточно. Поэтому мозг строит трехмерное изображение: за столом сидит одетый в костюм мужчина. Зачастую нам требуется не так уж много информации, чтобы распознать человека или некий объект. Два похожих на глаза круга, черточка-рот – и вот наш мозг уже видит лицо. Или возьмем пару отметин от сучков на коре дерева, клочки мха на камне – и мы уже можем представить себе эльфов, гномов и троллей. Мозг постоянно так работает: мы берем за основу информацию, получаемую от органов чувств, и дополняем картину, исходя из ожиданий, основанных на нашем опыте.

То же самое касается обработки музыкальной информации. Начало звуковых сигналов помогает нам строить гипотезы о том, как они могут продолжиться. Мозг старается выстроить как можно более полную картину на основе имеющегося опыта, чтобы научиться быстро ее обновлять и оставаться в курсе событий. По аналогии с уже упомянутым DVD-стандартом мозгу легче каждую секунду вносить изменения, чем снова и снова рисовать с нуля всю визуальную или звуковую картину целиком. Чтобы охватить как можно больше составных частей музыкального произведения, мозгу необходимо строить грамотные гипотезы о его дальнейшем ходе и постоянно их обновлять. Для этого нужен опыт. Мозг любителя рок-музыки, ни разу не слышавшего Моцарта, будет так же плохо предсказывать дальнейший ход пьесы Моцарта, как мозг академического музыканта – ход рок-хита или, например, индийской раги. Обоим незнакомая музыка покажется однообразной, скучной и неинтересной. Объясняется это следующим

образом: из-за отсутствия опыта оба слушателя будут строить столь неудачные гипотезы о ходе музыкального произведения, что не смогут уследить за важными деталями и изменениями – и потому новая музыка покажется каждому из них однообразной и неинтересной. Все представления о тех произведениях, которые мы слышим, мозг создает исходя из ожиданий чего-то, что мы уже когда-то слышали. Поэтому сложные произведения часто начинают нам нравиться только после третьего или четвертого прослушивания, когда мы уже в состоянии улавливать большую часть их содержания, и наши впечатления постепенно становятся богаче. Привыкая к музыке, мы улучшаем свои слушательские навыки. Противоположное утверждение тоже можно назвать верным: если произведение настолько предсказуемо, что не удивляет нас, то оно также кажется нам скучным и неинтересным. Лось в лучах заката кажется нам красивым, но для произведения искусства это довольно скучный сюжет – как раз потому, что слишком предсказуемый. А некоторые поп-хиты настолько предсказуемы, что иногда мы можем спеть припев практически целиком, даже если ни разу не слышали песню ранее. Они быстро забываются – именно потому, что мозгу не нужно напрягаться, а без неожиданности не пробуждается и интерес к заучиванию.

Независимо от жанра хорошую музыку характеризует баланс между известным и неожиданным, между ожиданиями, возникающими в мозге каждую секунду, и реальным ходом музыкального произведения. Когда ожидания не оправдываются, возникает напряжение – но впоследствии оно идет на спад, так как музыка возвращается к ожиданиям. Тогда мозг воспринимает ожидания, которые не оправдались, положительно, однако они не должны идти одно за другим, чтобы не создавать хаос. То же самое происходит, когда мы рассказываем интересную историю или анекдот: необходимо сначала описать хорошо известную ситуацию (заставить слушателей чего-то ожидать), а затем выдать крутой поворот (разрушить ожидания), однако этот поворот событий не должен казаться неправдоподобным в контексте данной ситуации (необходимо вернуться к известному).

Статистический анализ самых популярных песен чарта *Billboard* показал, что с точки зрения гармонии в куплетах – но не в припевах – этих песен чуть больше элементов неожиданности, чем у менее популярных мелодий. Статистика подтверждает нашу гипотезу: от того, насколько гармоничным является сочетание неожиданных моментов и напряжения (ожиданий и того, что они не оправдываются), во многом зависит то, насколько сильно нам нравится музыка. Исследования мозга с помощью фМРТ показали, что мурашки и озноб возникают скорее во время прослушивания неожиданных гармоний, а не предсказуемых. Все дело в активации мезолимбической дофаминергической системы поощрения в мозге. Когда мы слушаем музыку, которая нам нравится, сначала активируются задние отделы мозга – те, что являются частью поощрительной системы и называются «полосатое тело». Это происходит еще до самого момента поощрения, а значит, данная область поощрительной системы активизируется уже во время возникновения гипотезы и ожидания поощрения. Но когда на коже появляются мурашки, то есть в момент получения максимального удовольствия, наибольшая активность наблюдается в передних отделах полосатого тела и области под названием «прилежащее ядро». Другими словами, ожидание поощрения возникает еще до того, как музыка приносит нам максимум удовольствия, а сам процесс запускается в высшей точке музыкального произведения.

Есть анекдот, в разных версиях которого фигурируют супруга Эдварда Грига Нина и жена Вольфганга Амадея Моцарта Констанца: жена (или Нина, или Констанца) пользовалась этим эффектом, чтобы муж встал после дневного сна. Она играла гамму до мажор на фортепиано до самой клавиши ля, но останавливалась на ней, не закончив гамму. Супруг (или Григ, или Моцарт) чувствовал себя некомфортно, слыша незавершенную гамму, а потому обязан был встать и нажать на клавиатуре оставшуюся клавишу си, чтобы снять напряжение, вызванное несбывшимся ожиданием. Ожидания и то, что они иногда не оправдываются, – вот что делает музыку интересной. В одном исследовании джазовые и академические музыканты, а также те,

кто никогда не занимался музыкой, должны были предугадать, как продолжится бибоп-импровизация Чарли Паркера. Лучше всех с заданием справились джазовые музыканты. Другими словами, лучше всех строит гипотезы тот, у кого больше опыта. Это вполне согласуется с моделью восприятия мира и музыки, которое постепенно тренируется и зависит от гипотез.

Музыка и грамматика

Все музыкальные жанры на разных уровнях обладают собственной структурой – начиная с того, какие гармонии, аккорды и гаммы принято использовать, и до более крупных форм, например фуги и сонаты в классической музыке или 12-тактовой формы в блюзе. В детстве мы на интуитивном уровне усваиваем грамматику и синтаксис языка, а мозг точно так же интуитивно заучивает структуру тех музыкальных жанров, которые нам нравятся. Большинство из нас удивятся, если вдруг услышат типично джазовый аккорд посреди сонаты Моцарта, даже не имея теоретических знаний о гармонии, структуре и правилах, касающихся венской классики или джаза. Мозг так хорошо предугадывает ход музыкального произведения, что те, кто слушает много авангардной музыки, где по определению можно все и ничто не должно удивлять, замечают ошибки исполнителей, даже слыша произведение впервые. Даже если разрешено все, мозг все равно будет строить гипотезы исходя из опыта знакомства с жанром и улавливать несоответствия своим ожиданиям.

В соответствии с этим, вероятно, грамматику музыки и языка анализируют одни и те же отделы мозга. Во всяком случае функциональные исследования мозга говорят о том, что зона Брока – передняя речевая зона в задней части левой лобной доли. Она активируется, когда испытуемые выполняют задания, связанные с анализом – как языковым, так и музыкальным. Зона Брока активируется, когда нарушаются мелодия и гармония, а также ритм, но не при смене тембра или громкости – а это более окрашенные события, чем структурные нарушения. При повреждениях зоны Брока человек теряет способность понимать грамматику и языка, и музыки. Пациенты с повреждениями зоны Брока не могут составлять и понимать длинные грамматически корректные предложения, они также не замечают нарушения в гармонии и аккордовых последовательностях. Согласно одному исследованию, в произведениях английских композиторов в целом наблюдается большая вариативность длительности звука, чем в произведениях французов, – точно так же разговорный британский английский имеет большую вариацию в длительности языковых сегментов, чем французский язык. Во многом именно вариативность длительности звука и акцента передает чувства – и в языке, и в музыке. Другими словами, есть основания полагать, что подобная вариативность напрямую связана с языком, как мы уже говорили в предыдущей главе.



Медленно, низко и грустно – или быстро, высоко и радостно

Ряд экспериментов, в ходе которых ученые меняли высоту тона и темп музыкальных произведений, показал, что музыкальное произведение с большим количеством высоких тонов, сыгранное в быстром темпе, дарит слушателям более радостные чувства, чем та же музыка, но сыгранная медленнее и в более низкой тональности. Речь, что интересно, мы воспринимаем так же: высокий голос, произносящий слова быстро, скорее будет интерпретирован как радостный, чем тот же самый голос, но говорящий медленнее и в более низкой тональности. А мы даже не всегда замечаем, как тесно связаны язык и музыка. При интерпретации эмоционального содержания музыки и речи мы используем одни и те же механизмы и области мозга.

Что интересно, это отражается и в том, как мы говорим о положительных и отрицательных эмоциях. Положительные эмоции мы описываем словами, которые ассоциируются с высотой: «приподнятое настроение», «парить», «душевный подъем», а отрицательные – теми, что ассоциируются с глубиной: «подавленный», «упавшее настроение», «как в воду опущенный». Как мы уже упоминали в этой главе, чувства имеют телесную природу. Тело, выражая грусть, как бы оседает: мы опускаем плечи, горбимся, сгибаем колени и даже начинаем двигаться медленнее. А в радостные моменты все наоборот. «Прыгает от радости» – так мы говорим о счастливом человеке, выпрямившемся, двигающемся быстрее, чем обычно. Телесные характеристики чувств отражаются и в восприятии музыки. Высокочастотные, тонкие звуки в сочетании с быстрым темпом приносят нам радость, к тому же тот, кто их издает, также кажется нам радостным. Наш мозг, как мы уже указывали, запрограммирован на интерпретацию человеческих намерений и эмоций во всей полноте их проявления – это касается и музыки.

Чувство мажора и минора

Для нас очевидно, что минорные тональности ассоциируются с грустью и меланхолией, а мажорные – с радостью. Но почему так происходит? Самая распространенная теория указывает на уже описанные нами ранее эмоциональные явления: светлые, высокие тоны ассоциируются с радостью, а глубокие и низкие – с грустью, поскольку в минорной гамме три тона понижены на полтона по сравнению с мажорной. Основной аккорд в минорной тональности отличается

от основного аккорда в соответствующей мажорной тональности тем, что терция опущена на полтона. Достаточно ли этого для того, чтобы мелодия в миноре казалась нам грустнее, чем мелодия в мажоре? На первый взгляд кажется, что это лишь спекулятивные рассуждения, но на самом деле проведено множество подтверждающих их экспериментов.

В одном исследовании испытуемые оценивали аудиозаписи образцов речи как радостные или грустные. Оказалось, что в речи, которую испытуемые охарактеризовали как грустную, разница в высоте тона составляла как раз малую терцию, что соответствует терции минорного аккорда. Судя по всему, наш мозг в целом связывает такой интервал с грустью. Гипотезу подтверждают и другие исследования. Помимо всего прочего, выяснилось, что у грустной музыки – даже в традициях тех народов, которые не придерживаются мажорных и минорных тональностей, как в западной музыке, – есть тенденция к использованию малых терций, а не больших.

И в традиционной академической музыке, и в современных музыкальных жанрах, таких как поп и джаз, в пределах одного музыкального произведения обычно мажорные и минорные тональности сменяют друг друга – музыкальное произведение, написанное в мажоре, оживляется с помощью минорных аккордов, и наоборот. А если вышеописанная теория имеет под собой основания, такой метод помогает все время удерживать интерес слушателя и сохранять эмоциональное напряжение, создаваемое мажором и минором в нашем мозге.

Импровизации в мозге

Саксофонист и джазовый исполнитель Уэйн Шортер однажды назвал сочинение музыки и импровизацию одним и тем же процессом, протекающим с разной скоростью. Импровизация, равно как и композиция, всегда была частью музыки. Граница между музыкальным произведением с импровизацией и без нее была проведена довольно поздно, примерно в XVI веке. Иоганн Себастьян Бах, Георг Фридрих Гендель, Людвиг ван Бетховен, а также многие другие знаменитые композиторы в свое время были известны в том числе именно своими импровизаторскими способностями. Импровизация важна не только в академической музыке; многие произведения народной музыки во многом основаны на импровизации – как сольные, так и те, которые предназначены для ансамблей.

Импровизации можно дать следующее определение: создание музыки в течение одного мгновения, то есть создание ранее не существовавшего мелодического, ритмического или гармонического потока. Но импровизация не рождается из ничего. В традиционной гармонической музыке – джазовой, классической, народной – импровизация всегда следует определенным основополагающим жанровым и присущим эпохе шаблонам.

Можно утверждать, что структура в импровизационном потоке более или менее постоянна, идет ли речь о импровизационной каденции в фортепианной сонате или о гитарном соло поверх стандартной схемы в блюзе. Но и содержание импровизационного потока не появляется из ниоткуда – оно рождается в мозге музыканта на основе опыта работы с конкретным жанром.

Об этом процессе мы знаем не так уж много, но существует несколько теорий. Одна из самых известных принадлежит нейропсихологу Джеффу Прессингу. По его мнению, импровизация – это узкоспециализированное музыкальное знание, приобретаемое в первую очередь посредством длительной тренировки. Феномен импровизации весьма сложен: условием для ее освоения на высоком уровне является практика – достаточно долгая, чтобы часть процесса была доведена до автоматизма. Только так можно освободить достаточно ресурсов сознательной и предсознательной части мозга, необходимых для появления музыкальных идей, которые исполнитель претворит в жизнь и одновременно анализирует. Прессинг утверждает, что импровизация рождается из взаимодействия (!) между тем, что сам ученый называет референтными процессами, и характерной для конкретной области базы знаний в мозге.

Референтные процессы – это эмоциональные, когнитивные и перцептивные (то есть имеющие отношение к органам чувств) процессы в мозге. Они запускаются благодаря музыкальным стимулам. Референты используются для того, чтобы добраться до характерных для данной области знаний, организованных в соответствии с иерархией: целых заученных систем, фраз и отрывков разных видов – например, пассажей, гармоний или ритмических форм, которые можно по-разному комбинировать. Например, когда начальная последовательность аккордов запускает заученную фразу, в процесс ее исполнения сознанию уже не нужно вовлекаться слишком активно, потому что она уже хорошо известна. Так сознание освобождается для оценки эффекта и планирования следующего шага.

Следующий компонент теории Прессинга – обратная связь с музыкой, которую исполнитель получает с помощью органов чувств (ее называют перцептивным взаимодействием). Мозговые процессы сравнивают данные о том приеме, который музыкант намеревался использовать (например, каденцию), с тем, что прозвучало на самом деле (прозвучало ли это как каденция?). Обратная связь существует как, собственно, в момент исполнения произведения (моторный ответ от пальцев/устранение ошибок), так и по прошествии долгого времени (например, для выбора следующего потока или аккорда).

Ряд исследований подкрепляют основные положения теории Прессинга об импровизации. Несколько фМРТ-исследований с импровизирующими музыкантами в качестве испытуемых (среди них были пианисты – исполнители классической музыки, фристайл-рэперы и джазовые музыканты) выявили активность по большей части в одних и тех же частях мозга. Видимо, импровизация активирует несколько крупных нейронных сетей мозга, связанных с моторным планированием, сенсорной ответной реакцией и когнитивным контролем. Например, одно из исследований (под руководством Пиньу) выявило, что чем талантливее была импровизация, тем меньшую активность можно было наблюдать в нейронных сетях мозга, отвечающих за моторный контроль. Это указывает на то, что с увеличением опыта повышается степень автоматизации движений во время импровизации.

Что интересно, результаты некоторых исследований показали, что во время импровизации наблюдалась большая степень активации той нейронной сети, которая обычно не активна во время деятельности, ориентированной на конкретную задачу, а именно так называемой сети пассивного режима работы головного мозга. Эта нейронная сеть, говоря простым языком, активна в состоянии пассивного бодрствования, то есть когда мы ничего особого не обдумываем и не делаем. Ее еще называют «нейронная сеть мечтателя» – вероятно, как раз она играет важную роль в различных формах креативной деятельности.

Что музыка делает с мозгом



Нейропластичность

Человек во многом уникален. Не в последнюю очередь потому, что у него самый сложный мозг по сравнению с другими животными. Мы сильно отличаемся от других млекопитающих долгим процессом развития организма до взрослого состояния и становления особи самостоятельным индивидом. Детеныши других животных готовы к самостоятельной жизни уже спустя несколько месяцев, недель, часов, минут или даже секунд после рождения – человеку же необходимы долгие годы присмотра, ухода и заботы. Таков парадокс: вид с самым сложным мозгом зависит от помощи больше, чем все остальные, причем в течение многих лет. Но это лишь кажущийся парадокс, поскольку при рождении наш невероятно сложный мозг весьма далек от совершенства. Для созревания ему и требуются все эти годы. Полностью процесс завершается только после двадцатилетия, при этом последними формируются передние отделы мозга, лобные доли. Этот факт наглядно объясняет успех человека как вида: наш мозг не только невероятно сложен, но и более *пластичен*, чем мозг других животных. И он запрограммирован меняться в ответ на изменение внешних условий – эта способность называется *нейропластичностью*.

Наша сила и наша слабость

Нейропластичность дает человеку огромную силу. Благодаря тому, что наш мозг имеет способность меняться и учиться в самых разных условиях, мы расселились по всему земному шару – от ледяной Арктики до африканских пустынь. От вершин гор до глубин океанов. Люди живут повсюду. Такого ареала распространения нет ни у одного животного – больше ни один

вид не смог приспособиться к столь разным условиям. Как нам это удалось? Благодаря удивительной способности изменять мозг, а тем самым и ответные реакции на различные события, людям процесс приспособления дался куда лучше, чем другим видам. С точки зрения генетики дети всей планеты обладают примерно одинаковыми способностями. Однако они могут выучить совершенно не похожие друг на друга языки – например, норвежский и китайский – и вырасти в умных, сообразительных взрослых в столь различных условиях, как австралийский буш и небоскребы Манхэттена. Хотя мы рождаемся очень схожими, в конце жизни мы становимся очень разными и каждый из нас умеет справляться с самыми разными ситуациями – просто потому, что наш мозг *создан для того, чтобы меняться*.

Но одновременно с тем в нейропластичности заключается и наша слабость. Раз мозг создан для того, чтобы меняться, он будет меняться и в не слишком благоприятных условиях. Трудное детство, недостаток ухода или тяжелые, травмирующие события – все это отрицательно сказывается на работе мозга. Повреждения могут остаться с человеком до самого конца, создавая проблемы и негативно влияя на качество жизни. Поэтому нейропластичность, то есть свойство мозга меняться, как физиологическое явление нельзя считать ни положительным, ни отрицательным. Это лишь основополагающее и нейтральное нейробиологическое свойство человеческого мозга. Мы меняемся в ответ на воздействие окружающей среды независимо от того, хотим мы этого или нет, в хороших условиях мы живем или в неблагоприятных.

Мозг меняется всю жизнь

Сильнее всего мозг человека меняется в первые годы жизни. И это весьма разумно. В этот период у нас есть особая потребность впитать как можно больше знаний за минимальный срок. Дети дошкольного возраста способны в день выучить 10–15 новых слов – в дополнение ко всему прочему, что им необходимо усвоить в этом возрасте. Это было бы невозможно, если бы мозг не приспособился к быстрым и точным изменениям, в том числе к запоминанию звуковой информации.

Но мозг способен меняться не только в детстве. Изменениям способствует все, что мы выучиваем за жизнь. Хотя с годами мозг становится более жестким – и в прямом, и в переносном смысле этого слова – он все-таки сохраняет свою способность к нейропластическим изменениям. Но в зрелом возрасте процесс обучения идет медленнее. Мозгу требуется больше повторений и больше времени. В зрелом возрасте продолжает работать и принцип, когда мозг интерпретирует все, что нам доводится пережить. Когда мы ложимся спать, мозг всегда немножко не такой, каким был утром, когда мы проснулись.

Что происходит в мозге, когда мы учимся?

Как уже говорилось во вступлении, в человеческом мозге примерно 80 миллиардов нервных клеток (нейронов). Чтобы мозг выполнял все свои бесчисленные функции, эти нейроны образуют сети, благодаря которым информация быстро распределяется по разным частям мозга и извлекается оттуда. Каждый нейрон способен образовать связи примерно с 60 000 других нейронов. В среднем таких связей минимум 6000, иногда это количество доходит до 10 000. Задачи, которые выполняет нейрон, зависят от того, с *какими* нейронами он образует связи, то есть к какому типу нейронов принадлежит. То, насколько хорошо человек справится с конкретной задачей (например, запомнить и воспроизвести отрывок музыкального произведения), зависит от количества нейронов, выполняющих задачу, от того, какие это нейроны, в какой части мозга они находятся, сколько связей образуют и насколько крепки и эффективны эти связи. Когда мы учимся, мы способны постепенно менять эти условия – это и есть нейропластичность. Рассмотрим эту тему подробнее.

Новые клетки мозга

Раньше считалось, что с момента рождения человека в его мозге не образуется новых клеток. Однако согласно результатам последних исследований новые мозговые клетки появляются у нас в течение всей жизни. В основном это происходит в двух зонах: вокруг естественных полостей, которые называются желудочками, и в гиппокампе – как мы уже говорили, он важен для обучения и запоминания. Эти клетки могут переходить в близлежащие отделы мозга, и, вероятно, именно они важны в том числе и для нашей способности учиться на протяжении всей жизни, и для мозговых изменений.

Новые связи

Связи между нервными клетками называются синапсами. Каждая из клеток, как уже было сказано, в среднем образует от 6000 до 10 000 таких связей. Благодаря непрерывной коммуникации, которая осуществляется с помощью синапсов, все наши 80 миллиардов нервных клеток работают как единое целое.

В начале жизни, особенно в первые годы, синапсы образуются с поразительной скоростью. В некоторых областях их становится даже больше, чем нужно. В целом это разумно, ведь ребенок за короткое время должен усвоить огромное количество информации. Когда между клетками мозга уже образовано достаточное количество связей, процесс обучения ускоряется. Используемые связи укрепляются, а те, что не нужны, ослабевают или исчезают. Этот процесс называется *прунинг*, его можно сравнить с обрезкой куста роз или плодового дерева: если убрать лишние ветви, на оставшихся будет больше цветов и плодов.

Если условия жизни стимулируют работу мозга ребенка, то, став взрослым, он получит большие преимущества – его мозг будет прекрасно функционировать. Все потому, что благодаря стимуляции между клетками мозга образуется больше связей. Эксперименты на крысах показали, что в условиях, стимулирующих развитие, их мозг создает на 25 % больше связей между клетками, чем образуется у крыс в обычных условиях. Есть причины считать, что подобным образом действует и мозг человека. А чем больше связей между клетками, тем сложнее строение мозга – и тем лучше человек подготовлен к борьбе с его возможным заболеванием или травмой. Вероятно, это объясняет, почему люди с высшим образованием (а также, как мы увидим позже, те, кто занимается музыкой) меньше подвержены риску возникновения деменции, чем остальные. И не потому, что такие люди в принципе реже страдают этим заболеванием, а потому, что у них симптомы заболевания проявляются гораздо позже. Следовательно, они чаще умирают от других причин (например, от старости) еще до проявления первых симптомов деменции.

Хотя мы учимся в течение всей жизни, определенные качества можно как следует развить лишь в детстве, но не во взрослом состоянии. В качестве примера можно привести абсолютный слух: он зависит от двух факторов – генетической предрасположенности (которая есть далеко не у всех), а также занятий музыкой и тренировки слуха в раннем детстве. Без последнего абсолютного слуха не было бы ни у кого. По всей видимости, дело в том, что связи между клетками, отвечающими за абсолютный слух и расположенными в зоне под названием «темпоральная плоскость» (*planum temporale)* в теменной доле, исчезают еще в детстве, если их не использовать.

Однако в мозге взрослого человека все-таки образуются новые синапсы. Это происходит, когда мы, уже будучи взрослыми, развиваем новые навыки – например, учимся играть на пианино. Но формирование синапсов происходит медленнее, чем хотелось бы. Взрослые осваивают сложные моторные и сенсорные навыки намного дольше, чем дети, поскольку им, если можно так выразиться, приходится отстраивать некоторые части мозга заново!

Укрепление связей

Было бы здорово, если бы синапс, то есть место контакта между двумя нервными клетками, работал как розетка – либо контакт есть, либо его нет. Но нет, синапс – удивительно сложная и очень пластичная биологическая единица, функционирующая с той или иной степенью эффективности. Синапсы, которые мы используем часто, укрепляются, а потому с их помощью сигналы передаются от клетки к клетке быстрее и эффективнее. Именно это и происходит, когда мы долго оттачиваем какой-то навык. Вовлеченные в выполнение действия клетки мозга образуют друг с другом все более эффективные связи. Благодаря практике мы постепенно начинаем играть гаммы быстрее и точнее. Как известно, чем дольше не играть на инструменте, тем тяжелее будет возвращаться к игре на нем, да и точность движений пропадет. Если связи не используются или используются редко, они постепенно ослабевают. Однако синапсы, которые благодаря постоянной практике работают более эффективно, не исчезают в отличие от тех, что мы едва используем, в том числе поэтому человек быстрее освоит уже знакомый ему инструмент, а не новый.

Пластичность слуховой коры

Вероятно, первым, кто подробно исследовал мозг музыканта, был немецкий невролог Зигмунд Ауэрбах (1866–1923). Он получил доступ к мозгу таких известных музыкантов, как дирижеры Феликс Мотль и Ханс фон Бюлов, певец Юлиус Штокхаузен и виолончелист Бернхард Коссман, и изучил то, что у них в голове, всеми доступными в то время способами. Он смог рассмотреть лишь поверхность мозга и измерил извилины с макроскопической точностью. Ауэрбах заметил, что у музыкантов по сравнению с обычными людьми непропорционально крупные извилины в теменной и височной доле. Удивительно, но он смог обнаружить это с помощью доступных в XIX веке методов – и их нельзя назвать очень точными – значит, разница была весьма значительной. Более продвинутые современные исследования, в том числе с помощью метода магнитного резонанса, по большей части подтвердили то, о чем заявил Ауэрбах. Кроме того, в современных исследованиях был описан ряд иных структурных характеристик, но к ним мы вернемся позже.

В наше время американский исследователь Майкл Мерцених, получивший премию Кавли в области нейронауки в 2016 году, выяснил, что у обезьян, которых научили ассоциировать определенные звуковые частоты с вознаграждением в виде еды, выросли те участки слуховой коры, которые отвечают за анализ именно этих звуковых частот. Эксперимент Мерцениха доказал, что кора головного мозга тоже пластична. Благодаря исследованию стала возможна разработка кохлеарных имплантатов для людей, страдающих глухотой и тугоухостью. Более поздние исследования показали, что нейропластичность достигает самого высокого уровня при выполнении заданий сложных и с моторной, и с сенсорной точки зрения и требующих высокой концентрации внимания. В результате выполнения этих заданий человек достигает цели, которую он сам перед собой поставил («У меня получилось!»), или же получает вознаграждение.

Много лет подобными исследованиями занимается шведский психолог профессор Андерс Эрикссон. Он работал с крупными специалистами из различных сфер деятельности – от музыки до шахмат, медицины и спорта, чтобы выяснить, как эти люди добились столь значительных успехов в своей области и что именно помогло им стать не просто хорошими специалистами, а лучшими в своем деле.

Ответы на многие вопросы, а также важные доказательства Эрикссон приводит в своей книге «Максимум. Как достичь личного совершенства с помощью современных научных

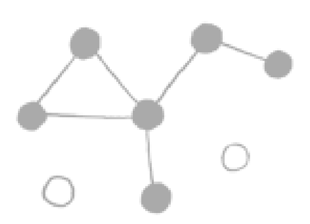
открытий» (Peak: Secrets from the New Science of Expertise)[9] – и это «целенаправленная практика». Разумеется, долгая и упорная практика необходима, однако ее одной недостаточно. Помимо этого нужно еще знать свои слабые стороны и работать с ними отдельно, ставить перед собой достижимые цели и идти к ним, а также иметь смелость иногда выходить из зоны комфорта. В общем, необходимо постоянно ставить перед собой новые задачи.

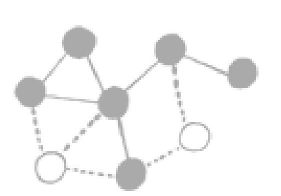
[9] Эрикссон А., Пул Р. Максимум. Как достичь личного совершенства с помощью современных научных открытий. – М.: Азбука-Аттикус, КоЛибри, 2016.

НЕЙРОПЛАСТИЧНОСТЬ

Нейропластичность — это способность мозга менять как свою структуру, так и функционал. Благодаря этому свойству мы учимся в течение всей жизни.

ТАК МОЗГ МЕНЯЕТСЯ



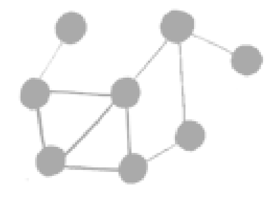


НЕЙРОГЕНЕЗ

В течение всей жизни в отдельных областях мозга образуются новые клетки.

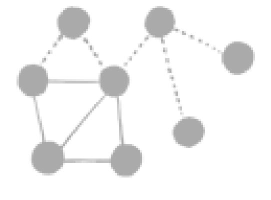
НОВЫЕ СИНАПСЫ

Клетки мозга связаны друг с другом с помощью синапсов. Во время любых форм обучения и получения опыта образуются новые синапсы, а вместе с ними и новые связи между клетками мозга.



СИЛЬНЫЕ И БЫСТРЫЕ СИНАПСЫ

Практика — путь к совершенству, в том числе и потому, что практика и постоянные повторения укрепляют и ускоряют связи между клетками мозга.



СЛАБЫЕ И МЕДЛЕННЫЕ СИНАПСЫ

Неиспользуемые связи между клетками мозга постепенно слабеют и могут вовсе исчезнуть.



По мнению Эрикссона, обучение классической музыке – прекрасный пример того, как мозг может измениться посредством целенаправленной практики. Систематические занятия ведут учеников к цели – а обучает их блестящий эксперт, который некогда сам прошел этот путь. Методы достижения результата совершенствовались веками, в том числе в среде музыкантов. Что же происходит с мозгом музыканта? Мы поговорим об этом в следующих главах, но сначала давайте все-таки обсудим, что происходит в голове музыканта во время исполнения музыкального произведения.

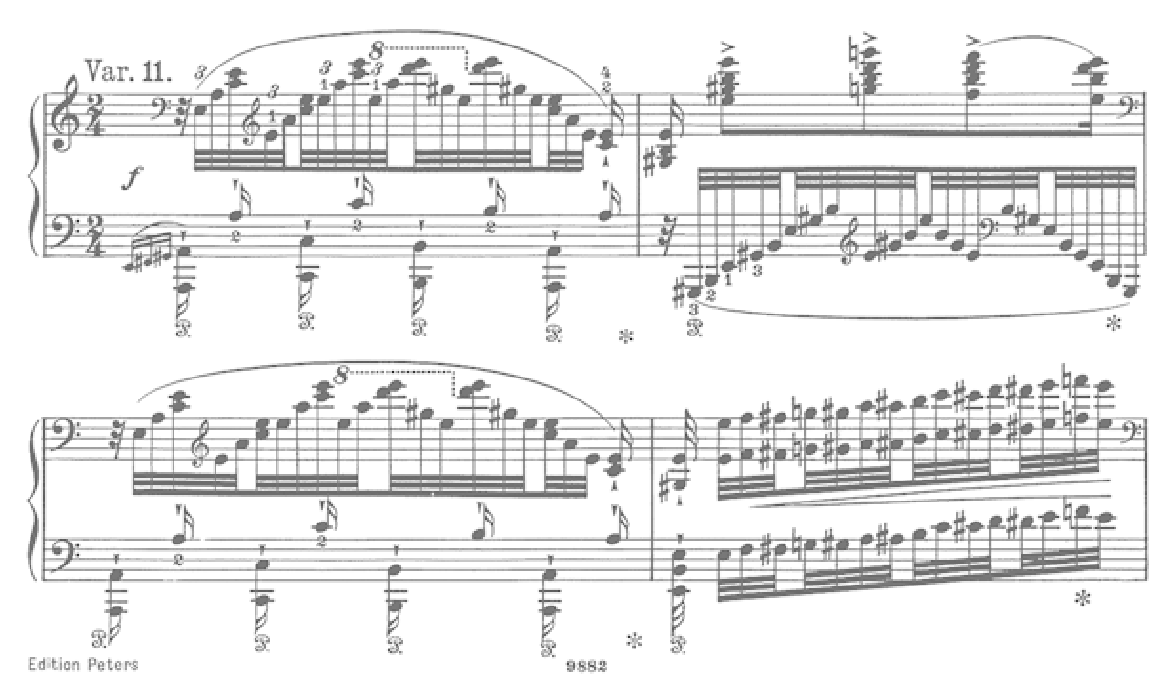
Исполнение музыкального произведения

Самая высокая степень мозговой активности зафиксирована у музыкантов, которые играют по нотам. Наверное, это неудивительно, ведь занятия музыкой – один из сложнейших видов человеческой деятельности. Для музыканта важны зрение (чтобы видеть ноты), визуальные ассоциативные области в затылочной доле (для интерпретации впечатлений) и области в теменной доле (для декодирования, то есть понимания значения нот). Лобные доли, премоторные и моторные отделы коры головного мозга, базальные ганглии и мозжечок – все эти зоны активны во время выполнения моторных программ, таких как нажатие нужных клавиш и, соответственно, исполнение музыкального произведения. Весь слуховой аппарат – включая первичную и вторичную слуховую кору, а также слуховые ассоциативные области – постоянно контролирует музыканта: правильные ли ноты тот сыграл, с нужной ли силой и длительностью нажал на клавиши, правильный ли уровень звука. Кроме того, каждую ноту мозг сравнивает с предыдущими, следующими и сыгранными одновременно с ней. Благодаря обратной связи в лобной доле идет постоянная корректировка выполнения моторных программ, которые руководят руками, пальцами, да и всем телом. Одновременно моторные программы регулируются и меняются согласно сигналам, поступающим от миллиона рецепторов, которые расположены в мышцах, суставах, сухожилиях и коже. Эти рецепторы регистрируют постоянное давление, угол сгибания суставов и длительность контакта тела музыканта с клавишами, стулом и педалями, а затем отправляют информацию обратно в мозг, где она сопоставляется с визуальной и слуховой информацией, полученной от других отделов нервной системы и мозга. Все это одновременно анализируется и соотносится с результатами более ранней деятельности, текущим исполнением, желаемым эффектом и ходом музыкального произведения. Каждую секунду через спинной мозг, ядра в стволе головного мозга, таламус и так далее к слуховой коре непрерывным потоком проходят миллиарды сигналов – среди прочего они координируются в теменной доле (сенсорные сигналы от кожных рецепторов, мышц, сухожилий и кожи), височной (звуковые сигналы), затылочной (визуальные сигналы) и лобной долях. Движутся при этом не только пальцы музыканта. Чтобы музыка была сыграна как следует, должно работать все тело.

В то же время музыка должна быть наполнена эмоциями. Для этого необходима активация лимбической системы, прочих отделов мозга, отвечающих за эмоции, и не в последнюю очередь памяти. Следовательно, работать должен весь мозг. Существует также и то, что мы называем темпоральным аспектом. Музыка подчиняется основному ритму (который определяет и размер такта, и скорость исполняемого произведения), и его необходимо отчасти просто держать, а отчасти регулировать в процессе исполнения, чтобы произвести на слушателя нужное впечатление. Все зависит от генераторов ритма, расположенных в том числе в стволе головного мозга, а также развития одного из важных умений мозжечка – временного планирования. Если произведение исполняет несколько человек – дуэт, трио или более крупный ансамбль, необходима непрерывная координация действий и с другими музыкантами. Для этого в мозге есть целый ряд механизмов. Например, не последнюю роль играют системы зеркальных нейронов, обеспечивающие непрерывное и автоматическое отражение и анализ эмоций и намерений других исполнителей. Эти системы вовлекают в работу как сенсорные, так и моторные, а также эмоциональные нейронные сети, охватывающие значительные отделы мозга, – принцип их работы мы подробно описали в предыдущей главе.

Высокоскоростная обработка

Все это происходит с невероятной скоростью. Примером может послужить одиннадцатая вариация Этюда № 6 из «Больших этюдов по Паганини» Ференца Листа (см. ноты далее). В минуту пианист играет 1800 нот – это просто невероятно! Тот факт, что человек в принципе способен научиться сенсорной и моторной обработке такого количества тонов за такое небольшое время, наглядно показывает, в какой мере мы можем натренировать быстроту и точность мозга – и насколько пластичны мозг и нервная система.



Из «Сочинений для фортепиано» Ференца Листа.
Том IV. Этюды. Часть II. под редакцией Эмиля фон Зауэра,
Edition Peters No. 3600d.

Это первая часть одиннадцатой вариации Этюда № 6 из «Больших этюдов по Паганини» Ференца Листа. Невероятно, но пианист играет 1800 нот в минуту! Моторная и сенсорная обработка такого количества тонов наглядно показывает, до какой степени человек может натренировать быстроту и точность реакций мозга – и насколько пластичны наши мозг и нервная система.

А еще представьте, какой нагрузке подвергаются лобные доли, когда необходимо справиться с глубинными биологическими импульсами волнения во время выступления. Неудивительно, что лишь немногие профессиональные музыканты дают больше ста концертов в год.

Игра и прослушивание – две стороны одной медали

Современная концертная традиция на самом деле сформировалась относительно недавно. Началось все в XIX веке. До этого музыка использовалась главным образом во время праздников и религиозных церемоний. Сидеть в тишине и внимательно слушать музыку зрители, можно сказать, только начали. Раньше публика беседовала, пила, ела, хлопала в такт музыке (когда чувствовала такую потребность) и громко комментировала происходящее.

Традиция, в которой слушатель одновременно является участником действа, имеет гораздо более глубокие корни, чем современное пассивное слушание. Когда исполнялась

народная музыка, в этом действе по традиции так или иначе принимали участие все слушатели – они пели, танцевали, хлопали в ладоши, что-то выкрикивали. Другими словами, между музыкантом и слушателем тогда было меньше отличий, а музыка являлась результатом совместной деятельности. Когда музыкальные произведения стали сложнее, требования к исполнителям стали выше, и для исполнения музыки появилась потребность в профессиональных музыкантах. В результате увеличился разрыв между исполнителем и слушателем. А появление аудиозаписей полностью перевернуло музыкальный мир. Сейчас музыка доступна в любой форме и в любое время. По этой причине вырос и уровень требований к концертам – концертное исполнение стали сравнивать с идеальной студийной записью.

Постепенно из результата совместной деятельности музыка превратилась в продукт, создаваемый профессиональными музыкантами для слушателей, никак не вовлеченных в процесс ее создания. Но может быть, слушатель не так далек от исполнителя, как кажется?

Как мы уже говорили ранее, музыка рождается в мозге слушателя. А для мозга нет большой разницы – просто слушать музыкальное произведение или исполнять то, что слышат и другие люди. За одним очевидным исключением: во время исполнения произведения мозг не только использует моторные системы для анализа, например, музыкального ритма, но и подключает к работе мышцы, необходимые для совершения движений.

Когда пианист слушает фортепианное произведение, у него активируются моторные отделы мозга, отвечающие за движения рук, – как будто играет он сам. У многих даже начинают непроизвольно шевелиться пальцы, когда они слышат те произведения, которые когда-то исполняли сами. Это явление наглядно иллюстрирует тот факт, что для мозга почти нет разницы, слушает он музыкальное произведение или исполняет его. Пианистам приходится почти сознательно отключать моторику, когда они слышат произведения, которые сами когда-то играли. Эксперименты показали, что того же эффекта можно добиться, если научить человека, который никогда не занимался музыкой, играть на пианино простую мелодию. Когда испытуемые ее слышат, у них активизируются те части мозга, которые контролируют движения рук, – как во время игры на инструменте. Однако ничего подобного не произойдет, если дать испытуемым послушать похожее произведение, которое они не играли.

Как такое может быть – активность в моторных зонах имеется, а пальцы не двигаются? У этих механизмов есть нечто общее с теми, что работают во время сна. Когда мозг находится фазе быстрого сна (или БДГ-фазе), в норме он блокирует все движения. Мышцы как бы парализованы, и, хотя во сне мы сражаемся, бегаем или выполняем весьма рискованные трюки, в реальности мы лежим совершенно неподвижно. У некоторых людей эти механизмы не функционируют должным образом. Люди с такими проблемами, как сомнамбулизм или расстройство поведения в фазе быстрого сна, фактически проживают свои сны в реальности. Многие из этих людей наносили травмы своим близким и даже совершали убийства. Один пациент с болезнью Паркинсона и расстройством поведения в фазе быстрого сна случайно убил во сне собственную жену, и его не отправили отбывать срок за убийство.

Человеческие и культурные различия

Хотя процессы восприятия и исполнения музыкального произведения для мозга во многом схожи, к сожалению, далеко не все могут гениально играть, полагаясь лишь на моторику. Все дети выучивают свой первый язык интуитивно и автоматически, но не все потом могут писать пьесы, как Шекспир, сочинять стихи, как Улав Хауге, или выступать на публике, как Барак Обама. У каждого из нас есть индивидуальные способности. Почему же многие просто не способны освоить инструмент, а другие (так называемые вундеркинды) садятся за фортепиано в трехлетнем возрасте – и чуть ли не сразу играют виртуозно? Что отличает Моцарта

от менее одаренных композиторов? Что отличает Ференца Листа, Никколо Паганини или Уле Булля от обычного студента музыкального училища?



А чем объяснить существование так называемых музыкальных савантов – людей с различными формами нарушений психического развития, часто аутистического спектра, имеющих уникальный талант к музыке? Некоторые из них почти не говорят и совсем не приспо-

соблены к самостоятельной жизни, однако блестяще играют по памяти тысячи музыкальных произведений, услышав каждое из них всего раз или два. На сегодняшний день точного объяснения этому странному явлению нет. Имеющиеся научные данные весьма ограничены, но они уже указывают на интересный факт. У многих музыкальных савантов обнаружены повреждения или дисфункция левого полушария, особенно в височной доле. Другие исследования указывают на нехватку и слабость связей между нейронами, находящимися на большом расстоянии друг от друга, но наличие более мощных связей в пределах изолированного отдела. Поэтому у таких людей проявляются выдающиеся способности в отдельных сферах, но в целом активность мозга снижается из-за слабой интеграции разных отделов.

Но Моцарт и Лист – исключительные люди, у которых мозг, вероятно, функционировал стандартным образом. Возможно, причиной их гениальности послужило нечто другое. Скорее всего, речь идет о сочетании генетически заложенных способностей, раннего погружения в среду и склонности к систематической интенсивной и экстенсивной практике. Видимо, в случае Моцарта и Листа имели место все три элемента. Кроме того, свою роль сыграла и культура: именно от нее часто зависит, сочтут ли человека музыкальным гением. Например, высокая степень виртуозности вовсе не обязательно считается признаком гениальности во всех культурах и для представителя любого жанра. Если говорить о профессиональном уровне, то классическому пианисту понадобится более высокая степень технической виртуозности, чем басисту джазового трио, – но при этом басисту, в свою очередь, потребуется более развитое чувство ритма и способность к импровизации. В разные эпохи гениями считали совершенно разных людей. Пример тому – Иоганн Себастьян Бах. Для современников он был скорее старомодным композитором, а гением его назвали намного позже. Как это часто бывает, речь идет о сочетании разных факторов: биологических (генетически обусловленных нейробиологических качеств), обусловленных средой (раннее качественное и системное обучение музыке) и социальных (культура и историческая эпоха). Все эти факторы должны выстроиться в оптимальную схему, чтобы человека сочли музыкальным гением.

Что такое талант?

Очень хорошим музыкантам мы приписываем смежную характеристику – талант. Проблема самого термина состоит в том, что почти всегда о таланте начинают говорить, когда музыкант достиг уже достаточно высокого уровня исполнения. Удачным примером тому снова может послужить Вольфганг Амадей Моцарт – свою первую симфонию он написал в восьмилетнем возрасте. Кому-то это «доказывает» наличие у него выдающегося таланта. Однако этот вывод вызывает ряд вопросов. Во-первых, учителем Моцарта был его собственный отец, считавшийся одним из лучших учителей музыки в Европе. Во-вторых, мальчик много и систематически занимался музыкой начиная с двухлетнего возраста. В-третьих, исключительный талант Моцарта признали все-таки благодаря его более поздним произведениям.

Профессор психологии Джон Хейс рассмотрел тысячи музыкальных произведений, написанных в период с 1685 по 1900 год, и в результате получил список из 500 произведений, которые до сих пор исполняются по всему миру. Их написали 76 композиторов. Далее Хейс проанализировал *время* написания каждого произведения. Он выяснил, что все они без исключения созданы более чем через 10 лет после начала деятельности композитора. Ранние, юношеские произведения в мире исполняют не так уж часто. Значит, «талант» композитору приписывают за произведения, созданные далеко не в начале его карьеры. Ранние работы Моцарта сегодня тоже исполняются редко, и точно можно сказать, что они известны благодаря *более поздним* выдающимся произведениям композитора.

Это явление слегка проясняет эксперимент, проведенный Дэниелом Левитиным. Преподаватели тайно разделили студентов консерватории на две группы на основании субъективной

оценки их способностей: на талантливых и не очень талантливых. Через много лет они оценили карьерные и музыкальные успехи своих учеников. Лучших результатов добились те, кто провел за эти годы больше часов за инструментом. Группа, в которую преподаватели определили ученика в самом начале, не играла никакой роли в его дальнейшем развитии. Как мы видим, понятие таланта образует замкнутый круг. С его помощью мы описываем тех, кто имеет особую *предрасположенность* достичь довольно высокого уровня мастерства. Но мы никогда не употребляем эту характеристику до того, как человек добьется высоких результатов благодаря специализации и долгой практике.

Раз уж мы об этом заговорили, стоит сказать следующее. Нет сомнений в том, что биологическая предрасположенность имеет значение для того, каких результатов человек добьется в игре на музыкальном инструменте или в работе с определенным жанром. Но выявить связь довольно сложно и только в отдельных случаях можно указать на конкретное определяющее качество. Также очень сложно провести границу между генетической обусловленностью и развитием способностей в результате раннего воздействия среды. Пример тому – профессиональные певцы. Бесспорно, им необходимы анатомические данные, обусловленные генетикой, например особое соотношение между длиной связок и объемом глотки, гортани, ротовой полости и черепа. Однако от них одних мало толку: необходимо также рано начать заниматься музыкой, развить хороший слух, на долгое время посвятить себя практике и постановке голоса – и получать удовольствие от развития в музыкальной сфере. Последнее напрямую связано с реакцией окружающих: положительные отклики слушателей усиливают желание заниматься музыкой – а это очень важно. Бесчисленные исследования показали: благодаря позитивной эмоциональной активации растет желание продолжать деятельность. Кроме того, в мозге стимулируется высвобождение дофамина – вещества, усиливающего нейропластичность мозга, то есть помогающего ему получить лучший результат обучения. В общем, все так, как мы уже сказали ранее. Генетически обусловленная часть нашей биологии, а особенно нейробиологии, вероятно, является необходимой составляющей «таланта» к музыке. Однако она не обладает большой ценностью без продолжительной и целенаправленной практики – только так возможно построить музыкальную карьеру на самом высоком уровне.

Чувства и исполнение музыкальных произведений

Когда пианист играет гамму (чисто механическое упражнение для пальцев), в его мозге ожидаемо возрастает активность отделов, отвечающих за моторику (особенно за моторику пальцев), а также слуховых отделов. Если пианист переключится на Баха (другими словами, начнет играть музыкальное произведение), картина изменится – активны будут главным образом задние отделы правого полушария. Эта часть мозга отвечает за восприятие целостной картины и пространства. Она также важна для восприятия эмоционального содержания, когда мы слушаем музыкальное произведение. Музыканты вкладывают в музыку свои чувства, то есть сопереживают, а не играют чисто механически, и у большинства этим процессом управляет правое полушарие. Удивительно, но иногда слуховые отделы мозга при этом практически не активны. С точки зрения чистой нейрофизиологии может показаться, что музыканты больше сосредоточены на том, что хотят выразить сами, и не всегда внимательно прислушиваются к своей игре. В качестве иллюстрации к последнему утверждению приведем детские впечатления одного из авторов книги, Гейра Ульве, от игры местного оркестрового объединения. Этот оркестр начал свою деятельность не так давно, и уровень музыкантов и исполняемой ими музыки был, мягко говоря, весьма неоднородным. Однако дирижер, судя по всему, получал во время концертов огромное удовольствие от происходящего, полностью погружаясь в свой мир. Вероятно, он подвергался воздействию вышеупомянутого явления – то есть отключал слуховую кору. В голове он слышал Берлинский филармонический оркестр или Королевский

оркестр Консертгебау, а публике приходилось довольствоваться игрой не столь хорошо сыгранного местного оркестрового объединения.

Как уже говорилось в этой книге, чувства имеют телесную природу. И выразить их можно в том числе и с помощью игры на музыкальном инструменте. Во время игры экспрессию и чувства музыканта выражает среди прочего и язык его тела. В качестве эксперимента обычных слушателей, не обладавших большими знаниями в сфере музыки, попросили оценить эмоциональное содержание произведения. При этом они только смотрели на музыканта и не слышали звук. Выяснилось, что испытуемые могли считать большую часть эмоций, наблюдая лишь за телом игравшего музыканта. Но, конечно, при наличии звука они чувствовали эмоциональное содержание музыки гораздо отчетливее, чем когда только видели музыканта или только слышали звук. Таким образом, при комбинации визуальных и слуховых проявлений чувств у слушателя или зрителя могут возникать более сложные и на первый взгляд противоречивые чувства, например ощущение печали, которое можно назвать приятным.

Слух и исполнение музыкального произведения

Лучшие музыканты (и дирижеры) – те, кто слушает и самостоятельно оценивает свою игру. Однако при длительной практике обратная связь мозга со слухом становится уже не столь важной. Большинству из нас будет очень трудно петь чисто в течение длительного времени, не слыша себя (люди, подпевающие мелодиям, которые играют у них в наушниках, очень быстро начинают раздражать окружающих!). Профессиональные же певцы зачастую с легкостью поют чисто и держат тон, даже если не слышат себя. Благодаря долгой практике и сенсорам в их голосовых связках и мышцах гортани и глотки они чувствуют, нужный ли тон взяли, а потому в меньшей степени зависят от звуковой обратной связи.

А инструменталисты могут неплохо играть, скажем, на клавиатуре, которая не издает звуков. Но если, например, во время игры исполнитель будет получать звуковую информацию с опозданием и вдруг услышит то, что сыграл, позже хотя бы на полсекунды, у него возникнут серьезные проблемы. Поэтому лучше не получать совсем никакой обратной связи, чем получить ошибочные данные, из-за которых в мозге возникнет сбой. Исследования показывают, что мозг может обнаружить неверно сыгранную ноту еще до того, как она прозвучит на самом деле. Мозг попытается свести ущерб к минимуму, сыграв неверную ноту чуть слабее и чуть позднее, чем верные. Здесь в работу включается подсознание: оно примет меры еще до того, как информация о неверно сыгранной ноте достигнет сознания. Представьте, что вы положили руку на горячую плиту. Еще до того, как сознание поймет, что сейчас случится, подсознание уже начнет действовать и уберет руку. Решение принимается уже на уровне спинного мозга!

Игра с листа

Если внезапно отобрать ноты у музыканта, хорошо умеющего играть незнакомые произведения с листа, он, скорее всего, продолжит играть еще несколько секунд. Мозг считывает и понимает ноты задолго до того, как они прозвучат. Он работает как бы в двух часовых поясах сразу. Один связан с тем, что играется в конкретное мгновение, второй – с тем, что прозвучит через несколько секунд. Ноты бывают довольно сложными и содержат большое количество информации, которую музыканту необходимо усваивать и превращать в моторную программу и движения непрерывно и в режиме реального времени. Этот процесс довольно быстро доводится до автоматизма во время обучения чтению нот. Был проведен эксперимент: людей без музыкального образования в течение 15 недель обучали читать ноты и играть на фортепиано. Позже им же демонстрировали нотные листы (при этом ранее испытуемые по нотам не играли), и фМРТ-исследование зафиксировало активность по большей части в тех же областях

мозга, что и во время игры на инструменте по нотам. Даже после 15-недельного обучения люди уже начинали автоматически определять значение нот и переводить их в моторную активность («игру»). То же самое происходит, когда человек, умеющий читать, автоматически читает все, что видит. Если вы умеете читать ноты, вы не сможете их *не* прочитать – как невозможно, видя слово, *не* прочитать его.

Как мы уже говорили ранее, мозг – превосходная машина для строительства гипотез, эксперт в применении полученных ранее знаний и жизненного опыта для предугадывания того, что произойдет дальше. Так же он работает во время чтения нот. Если в нотах будет нарушена логика или возникнет дисгармония, опытный пианист этого не заметит и исправит ошибку согласно своим ожиданиям, опыту и данным о музыкальном стиле. По той же самой причине музыкант гораздо лучше играет с листа произведения в тех жанрах, которые ему хорошо знакомы. Другими словами, мозг читает ноты совсем не так, как это делал бы компьютер – он бы механически переносил ноты с листа бумаги на нужные клавиши клавиатуры. Но нет, мозг делает не только это. Он к тому же руководствуется своим опытом и предпочтениями согласно бессознательному плану – это демонстрируют эксперименты, во время которых музыканты, играя с листа, не замечали специально добавленных в ноты ошибок. Игра с листа – это не механическая передача нот, а создание музыкального произведения на основе имеющегося опыта.

Для этого нужна хорошая кратковременная память. Однако свою роль играют и другие факторы. В одном исследовании приняли участие 11 профессиональных пианистов: их попросили с листа сыграть произведение, а ученые оценили степень корректности и скорость исполнения. Затем музыкантов попросили сыграть только что исполненное произведение по памяти – уже без нот. Исследование не выявило связи между способностями к игре с листа и хорошей памятью. Значит, способность играть с листа – не то же самое, что хорошая музыкальная память. Доказывает это и одна весьма интересная история болезни. В результате воспаления мозга гиппокамп талантливой скрипачки, занимавшейся музыкой на любительском уровне, был полностью уничтожен с обеих сторон. Гиппокамп, кроме всего прочего, необходим для заучивания новых фактов. Это называется декларативная память, то есть память, касающаяся того, о чем мы можем рассказать («Как зовут премьер-министра?», «Где ты был вчера?» и так далее). Люди с поврежденным гиппокампом совершенно не помнят, что произошло минуту назад. Например, они не узнают человека, с которым познакомились буквально только что, а когда просыпаются утром, у них нет воспоминаний о вчерашнем дне – каждый день они открывают мир заново. Но все остальное – эмоции, когнитивные и интеллектуальные функции – сохраняется на обычном уровне, и эти люди способны справиться с простыми моторными задачами. Упомянутую выше скрипачку просили играть с листа два разных произведения дважды в день в течение двух дней. Через две недели она играла оба произведения с листа намного лучше, чем третье, которое ранее не было ей известно. При этом она совершенно не помнила, что уже играла два первых произведения раньше. Музыкальная память охватывает гораздо больший объем информации, чем то, что мы помним сознательно. Большинство из нас могут испытать это на себе: мы не в состоянии описать ход произведения, которое едва помним. Но, если сесть за инструмент, пальцы словно сами все вспоминают. Значит, музыкальная память – это еще и телесная память. Итак, перейдем к следующей теме.

Память и исполнение музыкального произведения

Музыкальная память профессиональных музыкантов многим из нас покажется невероятной. Они могут без ошибок повторить последовательность из нескольких десятков тысяч нот – например, играя по памяти концерт для фортепиано. Точно так же поп- и рок-исполнители исполняют по памяти сотни песен. Как такое вообще возможно?

Практика – путь к совершенству памяти

Способность помнить и повторять большое количество информации – обычное явление для людей, имеющих богатый опыт в какой-либо одной сфере. Обычно их невероятная память распространяется только на эту сферу. Концертирующий пианист, способный воспроизвести в нужном порядке десятки тысяч нот, не лучше нас запоминает номера телефонов или названия бельгийских городов. А тапер, который может сыграть по памяти почти все, что его попросят, ничуть не лучше нас запомнит математические формулы. То же самое относится и к шахматистам, которые помнят тысячи открытых и закрытых позиций, или таксистам, знающим названия всех улиц города. Их память распространяется только на конкретную сферу.

Такая память имеет ряд общих черт. Важным понятием для нее является *структура*. В шахматах есть логика и правила, сообщающие игроку о том, как можно и как нельзя располагать фигуры на доске. Каждый вариант расположения фигур, который помнит шахматист, подчиняется этой структуре и этим правилам. То же самое касается вышеупомянутого тапера: поп-мелодии, как правило, строятся по вполне стандартным схемам. Рассмотрим, например, 16-тактовый блюз. Если музыкант помнит, что в основе песни лежит эта стандартная схема, он знает ее ход от начала и до конца. Ему потребуется только сама мелодия – вариации, характеризующие именно эту песню, ее отклонения от стандартной схемы. Для такой памяти нужен богатый опыт. Концертирующий пианист хорошо знает определенный жанр и определенных композиторов и понимает, какая схема лежит в основе того или иного концерта для фортепиано. Накопленный опыт позволяет распознавать лежащие в основе произведения структуры и упрощает запоминание новых. Например, новые произведения можно учить не ноту за нотой, а, скорее, как вариации чего-то уже известного. Точно так же работает память шахматиста.

В этом процессе участвует то, что чуть ранее мы назвали способностью мозга группировать объекты. Например, аккорды, идущие в определенном порядке, музыкант не запоминает по одному, его мозг группирует их в стандартные схемы. Нужно помнить лишь одну единицу информации (например, стандартную каденцию или 16-тактовый блюз), которая содержит данные о множестве более мелких единиц. Точно так же опытный музыкант не запоминает, например, малый мажорный септаккорд как последовательность отдельных нот (до – ми – соль – си), так как знает принцип построения септаккордов. Поэтому ему нужно запомнить одну единицу информации (малый мажорный септаккорд), а не четыре (до – ми – соль – си). Также есть схемы для разных аккордовых последовательностей и индивидуальных аккордов и даже для целых музыкальных стилей. Опытный джазовый музыкант сыграет известную мелодию в стиле босановы, не заучивая ее по нотам, а просто применяя ритмическую, гармоническую и акцентную схему босановы к нужной мелодии.

Однако в конечном счете мы все равно не сможем далеко уйти от старого доброго повторения, ведь именно оно лежит в основе способности воспроизводить по памяти большое количество тонов. «Repetitio est mater studiorum» – «Повторение – мать учения». Это правило ясно указывает на то, что повторение важно для процесса обучения как в музыке, так и в любой другой сфере. Как мы уже говорили ранее, эта форма памяти скорее мышечная и телесная. Музыкант, который делает ошибки и не может дальше играть выученное произведение («железный занавес»), как правило, не выйдет из тупика, сознательно пытаясь вспомнить ход этого произведения. Напротив, исполнителю будет легче «обойти блокировку», вернувшись в начало фразы или даже всего произведения и начать оттуда, а не пытаться вспомнить его ход сознательно. В такой ситуации лучше довериться имплицитной телесной памяти. Когда мы повторяем фразу с самого начала, мы вспоминаем всю ее целиком – и это тоже один из способов группировать объекты. Парадокс, но этот вид мышечной памяти можно натренировать, если выражаться буквально, одним пальцем. В одном эксперименте испытуемых, не имеющих музыкального опыта, обучали играть пятью пальцами по кругу одни и те же ноты: до-ре-ми-фа-соль-фа-ми-ре-до-ре. Испытуемые выполняли упражнение дважды в день в течение пяти дней и старались играть как можно ровнее, с одинаковой длиной тона, с одинаковой силой при нажатии

каждым пальцем. Вторая группа получила то же самое задание – но испытуемые должны были просто сидеть перед клавиатурой и представлять, что они выполняют упражнение, при этом не шевеля пальцами. Полученные во время исследования изображения мозга показали, что у испытуемых из второй группы моторные участки коры мозга были точно так же активны, как и у тех, кто был в первой группе, которая упражнялась «по-настоящему». А тесты показали, что участники обеих групп научились играть почти одинаково ровно. Объяснить это можно следующим образом: для мозга подумать о движении – то же самое, что совершить его, а активируются при этом одни и те же зоны мозга. Разница лишь в том, что, подумав о действии, мозг не получает сенсорного ответа из внешнего мира. В данном случае не будет отклика от нажатия пальцами на клавиши, а уши и слуховая кора не получат звуковых сигналов.

Однако все три процесса – слушать музыкальное произведение, думать о нем и исполнять его – во многом задействуют одни и те же отделы мозга. С точки зрения мозга все эти процессы – разные грани одной деятельности.



Мозг музыканта

Как мы уже говорили, человеческий мозг меняется всю жизнь. Благодаря *нейропластичности*, его главному свойству, мы можем учиться и приспосабливаться к различным условиям – причем намного лучше, чем другие виды. Но каким образом происходят эти изменения и насколько они масштабны?

На эти вопросы ответов у нас пока нет. По многим причинам идеальным объектом для исследования является именно мозг музыканта. С раннего возраста, когда мозг наиболее пластичен, он приобретает внушительный и весьма специфический опыт – моторный и сенсорный. Потому мозг музыканта можно рассматривать как результат гигантского естественного эксперимента: группа людей посвятила огромное количество часов специфической моторной и сенсорной деятельности (игре на музыкальном инструменте), заставив мозг выполнять особые и непростые задачи. Сравнив мозг музыканта и мозг человека, не имеющего подобного опыта, мы сможем приблизиться к пониманию нейропластичности как феномена.

Во-первых, стоит уточнить, кого мы, собственно, подразумеваем под словом «музыкант». Это человек, который хоть немного учился музыке на одном из этапов жизни? Или тот, кто имеет высшее музыкальное образование? Или тот, кто зарабатывает на жизнь концертами? При проведении различных исследований этот вопрос решается совершенно по-разному, а потому их результаты сложно сравнивать друг с другом: мы не всегда точно знаем, *кого* именно мы сравниваем. Несмотря на это, большинство научных работ объединяет общая идея: если человек достиг профессионального уровня владения музыкальным инструментом (к инструментам также можно отнести и певческий голос), то его можно считать музыкантом. Словом «музыкант» мы называем человека, имеющего теоретическую или практическую возможность зарабатывать на жизнь музыкой.

Согласно одной популярной теории, для достижения профессионального уровня необходимо провести за инструментом минимум 10 000 часов. Это примерно три часа занятий в день (или 20 часов в неделю) в течение 10 лет. Таким образом, необходима и интенсивная (три часа в день), и экстенсивная (10 лет) практика. Теория принадлежит психологу профессору Андерсу Эрикссону. Изучая группу молодых скрипачей – все они начали заниматься музыкой с пяти лет, он обнаружил, что к 20 годам наибольших успехов добились те, кто в сумме прозанимался 10 000 часов или более. Наблюдение получило название «правило 10 000 часов». В действительности необходимость практиковаться именно в течение этого времени никак эмпирически не доказана, а сам Эрикссон много раз говорил, что 10 000 часов для всех – это слишком сильное упрощение. Основная мысль такова: необходимо *много* практиковаться, а конкретное количество часов – 8000 или 14 000 – уже не столь важно. Однако вряд ли мы когда-нибудь достигнем полного согласия по этому вопросу. Скорее мы начнем дискутировать о том, что же в большей степени формирует нашу личность – наследственность или среда? Долго рассуждать на эту тему мы не будем. Лучше сразу констатировать: чтобы стать хорошим музыкантом, необходим *долгий и правильный* процесс обучения, а чтобы достичь высокого уровня техники, нужно вдобавок иметь генетическую предрасположенность к занятиям музыкой.

Раннее начало

Как мы говорили в предыдущих главах, человеческий мозг больше всего подвержен изменениям (или наиболее нейропластичен) в раннем детстве. Поэтому неудивительно, что степень структурных изменений мозга тесно связана с тем, когда именно человек начал заниматься чем-то систематически. Некоторые изменения характерны только для тех музыкантов, кто начал заниматься музыкой в раннем детстве, другие могут проявиться и у взрослых. Как

музыке удается так влиять на мозг? В этом мы попробуем разобраться далее. А в следующей главе мы поговорим о том, какие последствия несут эти изменения для близких, но в то же время отдельных функций – таких, как речь, познание, общий интеллектуальный уровень, моторика, координация и эмоции.



Влияние практики на мозг

Повторные исследования, проведенные на животных, показали, что тренировка моторики ведет к изменениям в тех отделах мозга, которые управляют соответствующими мышцами. Одно из первых исследований, продемонстрировавшее наличие того же самого явления у человека, изучало тренировку не моторики, а памяти. Чтобы получить лицензию таксиста в Лондоне, необходимо освоить обширную учебную программу (она называется The Knowledge[10]) – в среднем ее освоение занимает два года. К концу обучения будущий таксист умеет по памяти проложить маршрут между тысячами точек огромного города и должен сдать итоговый тест. Исследовательская группа под руководством Элеанор Магуайр (2000) измерила размер гиппокампа у водителей лондонских такси и тех, кто такси не водит. Ученые обнаружили, что у водителей такси увеличена задняя часть гиппокампа – та, что отвечает за пространственное восприятие. И чем опытнее водитель, тем крупнее задние отделы гиппокампа.

Позднейшие исследования раз за разом подтверждали: практика влечет за собой изменения человеческого мозга, которые можно измерить. В качестве примера можно привести людей, которые учатся жонглировать, готовятся к экзамену или занимаются музыкой. Если обобщить результаты исследований, мы обнаружим весьма интересные общие черты. Та деятельность, которая ведет к наиболее заметным изменениям в нашем мозге, имеет высокую степень сенсорно-моторной сложности, требует значительного количества повторений, повышает эмоциональную активность и активирует систему поощрения в мозге. Мало какая человеческая деятельность выполняет все эти требования одновременно и может изменить наш мозг так же сильно, как исполнение музыкальных произведений. Как мы видим, исполнение музыки – удивительно сложный сенсорно-моторный комплекс, основным элементом которого является большое количество повторений. Благодаря занятиям музыкой сильно растет эмоциональная активность – в мозге активируется система поощрения, что приносит человеку радость и удовольствие. Потому неудивительно, что самые значительные изменения мозга были обнаружены именно у музыкантов – это доказывают исследования с участием самых разных групп людей.

Мозолистое тело

Мозолистое тело (*corpus callosum*) – это мощное сплетение более чем 200 миллионов нервных волокон, связывающее правое и левое полушария мозга. Мозолистое тело есть только у высших млекопитающих, его задача – обеспечивать связь между полушариями. Структурно и функционально мозолистое тело человека по большей части созревает в первые годы жизни, но в какой-то степени этот процесс идет до поздних этапов подросткового возраста. У амбидекстров (то есть людей, которые одинаково хорошо владеют и левой, и правой рукой) передняя часть мозолистого тела толще по сравнению с остальными. Также есть основания утверждать, что у людей, более креативных по сравнению с остальными, нервных волокон в мозолистом теле больше и работают они более эффективно.

Ряд исследований показал, что передняя часть мозолистого тела у музыкантов крупнее, чем у тех, кто не занимается музыкой. Это явление связано с тем, *когда* эти люди начали заниматься. У музыкантов, которые начали обучение до семи лет, передние отделы мозолистого тела крупнее, чем у тех, кто начал заниматься после семи лет. Результаты не меняются и при контроле общего количества занятий. Другими словами, у музыканта, который, например, начал заниматься в шесть лет и потратил на занятия в сумме 12 000 часов, передние отделы мозолистого тела будут крупнее, чем у того, кто занимался ровно столько же, но начал в 10

[10] «Знание» (англ.).

лет. Это соотносится с результатами еще одного исследования, согласно которым созревание мозолистого тела происходит главным образом в раннем детстве.

Играть двумя руками одновременно, координировать быстрые движения пальцев и всего тела, а также обрабатывать информацию, поступающую от органов чувств (сенсоров в мышцах и суставах, слуха и зрения) – всё это требует высокой скорости и точности обмена информацией между полушариями мозга. Для удовлетворения этих потребностей мозолистое тело укрепляется годами практики.

Мозжечок

Мозжечок (*cerebellum*) расположен в самой дальней и самой нижней части мозга, за его стволом. Мозжечок играет главную роль в контроле движений – он не инициирует их (так как это задача моторной коры головного мозга), но помогает нам сделать движения плавными, точными и скоординированными. В мозжечке сигналы, которые поступают от всех сенсорных систем тела, взаимодействуют с сигналами от моторной коры – благодаря этому мы можем корректировать свои движения. Деятельность мозжечка также важна для поддержания баланса, когнитивных функций, таких как внимание и речь, а в некоторой степени и для эмоций. Проще говоря, мозжечок отвечает за все действия, выполняемые *последовательно*, то есть одно за другим в определенном порядке. Исходя из этого, можно говорить том, что мозжечок играет важную роль во время исполнения музыкального произведения, так как оно требует плавных и точных движений, выполняемых в определенной последовательности и модулируемых постоянными сенсорными откликами.

Множество исследований, проведенных с участием животных, подтвердили, что моторная деятельность действительно способствует изменениям в мозжечке. Размер мозжечка человека – сугубо индивидуальный показатель. Именно поэтому во время групповых исследований не так-то просто выявить различия между музыкантами и теми, кто не занимается музыкой. Иногда эта проблема решалась следующим образом: ученые *сопоставляли* мозжечок по размеру со всем мозгом, а затем сравнивали показатели, полученные от разных людей. Исследования показали, что у музыкантов мужского пола мозжечок больше, чем у мужчин, которые не имеют к музыке никакого отношения. Что удивительно, к женщинам это не относится: явных различий между женщинами, занимающимися и не занимающимися музыкой, обнаружено не было. Последнее можно объяснить несколькими причинами: например, у женщин мозжечок созревает в более раннем возрасте, кроме того, у женщин по отношению к размеру мозга в целом мозжечок крупнее, чем у мужчин.

Кора головного мозга

Кору головного мозга еще называют серым веществом, или кортексом. Именно она главным образом составляет поверхность мозга (и да, она серого цвета). Большая часть клеток мозга находится именно в коре. Кора мозга несет ответственность за выполнение множества самых разных и крайне важных функций, таких как моторный контроль, регистрация и анализ поступающих сигналов (зрение, слух, осязание, обоняние), язык, память и чувства.

В моторной коре – то есть в части коры мозга, управляющей мышцами, – у каждой части тела есть своя область. Клетки этой области специализируются на конкретной части тела. Например, если вы хотите согнуть правый указательный палец, то отвечающие за него клетки из соответствующей области моторной коры в левом полушарии (сигналы от полушарий идут к противоположной стороне тела) приказывают мышцам вашего пальца сократиться. Размер зоны, которая отведена конкретной части тела, зависит от важности этой части тела с точки зрения мозга (см. рисунок далее). Вместе эти зоны образуют своего рода карту тела, на кото-

рой размер территории зависит от значимости части тела. Самые крупные области занимают кисти рук, ступни, губы и язык – особенно если сопоставить размер области в мозге с размером самого органа. Величина территории этих частей тела отражает их огромную важность для нашего выживания. Большие участки мозга необходимы нам и для контроля, и для обработки сенсорных сигналов, поступающих от жизненно важных органов.



По данным исследований, в целом у музыкантов моторная кора в определенных областях больше, чем у тех, кто не связан с музыкальной деятельностью. Особенно отличается размер моторной коры левого полушария, которая управляет правой рукой. Это связано с тем, что большинство музыкантов играют на инструментах, требующих серьезного моторного контроля обеих кистей рук одновременно. Те отделы моторной и сенсорной коры, которые за них отвечают, у музыкантов крупнее. Не в последнюю очередь это касается и области, отвечающей за мизинец: музыканты намного чаще пользуются мизинцами по отдельности, чем обычные люди. Это вполне согласуется с тем фактом, что мозгу музыканта требуются предельно точные, как следует откалиброванные движения пальцев. А чтобы играть виртуозно или извлекать из инструмента множество оттенков тонов, ответная реакция от сенсоров в коже, суставах и мышцах также должна быть очень точной.

Мозг музыканта использует моторную кору весьма эффективно. Другими словами, для выполнения сложных движений пальцами у музыкантов задействуется гораздо меньшая часть моторной коры, чем у обычных люди. У музыкантов зоны мозга, отвечающие за движения рук, намного крупнее – и к тому же работают более эффективно. Но и это еще не все. Области, отвечающие за планирование движений, их контроль и подготовку к ним (их называют *премоторными областями*, и находятся они прямо перед первичной моторной корой), у музыкантов тоже развиты лучше. Следовательно, у них имеют больший размер и лучше развиты все мозговые структуры или отделы, важные для планирования, подготовки, выполнения и контроля последовательных движений пальцев обеих рук, а также для моторного обучения. Любопытно, что и между музыкантами имеются различия, которые зависят от инструмента: у пианистов относительно крупнее зона моторной коры левого полушария, управляющая кистью правой руки, а у скрипачей – область в правом полушарии, отвечающая за работу кисти левой руки.

У музыкантов также лучше, чем у других людей, развит еще один отдел мозга – верхние теменные области (верхняя часть теменной доли). Их деятельность важна для обработки визуальной и особенно *пространственной* информации. Эта область мозга задействуется, когда мы смотрим на изображение трехмерного объекта, например игральной кости, и пытаемся представить, как эта кость выглядит сбоку, снизу и сверху, мысленно вращая ее. В нейропсихологии это понятие носит название «*зрительно-пространственная обработка*». Вероятно, эта зона особенно хорошо развита у музыкантов по той причине, что именно здесь происходит восприятие и переработка разных видов сенсорной информации. Информация от органов зрения (визуальная) и слуха (звуковая), сенсоров в коже, мышцах, сухожилиях и суставах (сенсорная), синхронизируясь, рисует в мозге цельную картину тела (и мира). Вот почему данная область очень важна для управления дальнейшим ходом движения. Она образует прочные двухсторонние связи с премоторной корой, планирующей все последующие действия. Поэтому во время исполнения музыкального произведения теменная доля выполняет очень важную функцию, но особенно ее работа важна во время совместного исполнения и чтения нот с листа.

Первичная слуховая кора и области вокруг так называемых извилин Гешля и темпоральной плоскости, или вторичной слуховой коры (*planum temporale*) в верхней части височной доли, у музыкантов также подвержены изменениям, однако изменения эти весьма неоднородны. Есть большая разница между музыкантами, которые обладают абсолютным слухом и к тому же начали играть совсем рано, и теми, кто начал играть чуть позже и обладает лишь относительным слухом. Как уже было сказано ранее, высоту тона обычно анализирует правое полушарие, но у музыкантов с абсолютным слухом эту задачу решает левое полушарие!

Музыканты и те, кто далек от музыки, по-разному обрабатывают ее – вот еще одно отличие между правым и левым полушарием. У тех, кто не занимается музыкой, при пассивном слушании в первую очередь активируется правое полушариями, а у большинства музыкантов – левое. Традиционно считалось, что у людей, которые не занимаются музыкой профессионально, восприятие музыкальных произведений более целостное и эмоциональное (за него отвечает неязыковое, более «интуитивное» правое полушарие), в то время как у музыкантов восприятие более аналитическое (работает языковое, логическое и аналитическое левое полушарие). Но, вероятно, при таком подходе мы слишком сильно упрощаем реальную картину. У обеих групп некоторые аспекты музыки (например, мелодию) в большей степени анализирует правое полушарие, а некоторые (например, ритм) – левое. У нас нет исчерпывающего объяснения, почему музыканты и те, кто далек от музыки, обрабатывают музыкальные произведения по-разному.

У музыкантов абсолютный слух тоже встречается довольно редко (у Бетховена и Моцарта он был, у Брамса и Чайковского, вероятно, нет; у Владимира Горовица – был, у Игоря Стравинского – нет, у Фрэнка Синатры – был, у Майлза Дэвиса – нет). Примерно из 10 000 человек только один обладает этим редким качеством. У людей с абсолютным слухом – по сравнению с обычными людьми – некоторые слуховые отделы мозга (например, темпоральная плоскость (*planum temporale*) и извилины Гешля) намного лучше развиты с левой стороны – значит, эта способность оставляет в мозге четкий анатомический след. У людей с абсолютным слухом в левом полушарии темпоральная плоскость (*planum temporale*) крупнее, чем в правом: фактически это происходит из-за того, что справа она слегка сжимается – у людей без абсолютного слуха (не важно, музыканты они или нет) такого не бывает. Вероятно, недоразвитость темпоральной плоскости (*planum temporale*) справа возникает из-за того, что узкоспециализированная функция анализа высоты тона локализована слева.

В слуховой коре мозга музыканта кроется еще одно отличие от мозга обычного человека: области, которые анализируют стимулы от богатых обертонами звуков (во время экспериментов использовали фортепиано), сильно увеличены – а области, которые воспринимают чистые

тоны, что удивительно, не крупнее, чем у обычных людей. Возможно, это связано с тем, что чистых тонов – то есть сгенерированных искусственно и не имеющих обертонов – в музыке нет.

Интересные различия выявило исследование мозга музыкантов, музыкантов-любителей и тех, кто вообще далек от музыки (Гасер и Шлауг, 2003). Исследователи сравнили МРТ-снимки 20 профессиональных пианистов, еще 20 пианистов-любителей и 40 обычных людей, не занимающихся музыкой. Все они были правшами. Размеры многих областей у представителей разных групп при этом не совпадали. В тех частях мозга, где у профессиональных музыкантов кора была крупнее, у людей, не занимающихся музыкой, она была меньше, а у музыкантов-любителей – среднего размера. Это касается сенсорных и моторных областей, отвечающих за движения кистей рук (сенсомоторная кора), нижних височных областей и извилин Гешля (область слуха), верхней части теменной доли (отвечающих за обработку зрительных сигналов и движений), а также нижних лобных извилин слева и зоны в мозжечке слева (контролирующих движения рук и отвечающих за когнитивную обработку). Эти данные наглядно иллюстрируют тот факт, что при длительной практике игры на фортепиано размеры слуховой коры увеличиваются именно в этих областях. Кроме того, в результате исследования было обнаружено, что у музыкантов по сравнению с другими участниками исследования крупнее передний отдел мозолистого тела (*corpus callosum*). Однако целью исследования не было выявление именно этого отличия.

Базальные ганглии

Базальные ганглии играют важную роль в планировании и выполнении движений, контролируемых волей. Это скопление ядер и нейронных сетей, расположенных глубоко в обоих полушариях, имеет крайне большое значение для техники музыканта. У тех, кто приступил к занятиям музыкой до семи лет, в той части базальных ганглиев, которая называется скорлупой, мозговые клетки с правой стороны имеют меньшую плотность, чем у тех, кто пошел в музыкальную школу позже. У тех, кто начал заниматься музыкой позже, однако, размер этой части мозга крупнее, чем у тех, кто не занимается музыкой вообще. У тех, кто начал обучение рано, лучше техника игры левой рукой (она принимает сигналы от базальных ганглиев с правой стороны), чем у тех, кто приступил к занятиям позже, – *несмотря на меньший объем области и меньшее количество клеток мозга*. У пианистов, которые рано начали учиться музыке, нейропластические изменения отличаются от изменений в мозге тех, кто приступил к занятиям позже. У представителей второй группы высокие требования компенсируются повышенной плотностью нейронов в скорлупе справа, что улучшает контроль левой руки. У тех, кто рано начинает заниматься музыкой, в мозге, судя по всему, проходит процесс реорганизации и оптимизации, благодаря которому движения пальцев становятся быстрее и точнее при задействовании меньшего количества ресурсов.

Фермеры знают, что для получения богатого урожая жизненно необходима грамотная обрезка. Обрезка, или прунинг, по эффективности сопоставима с посадкой большого количества деревьев. А иногда принцип «меньше – больше» работает и для мозга.

Эффект музыки

Игра на музыкальном инструменте участвует в формировании мозга. А практика – путь к совершенству, и со временем музыкант играет все лучше и лучше. Но дают ли какие-то преимущества изменения, которые мы можем наблюдать в мозге музыкантов? Становятся ли люди, владеющие музыкальным инструментом, одновременно сообразительнее, добрее (более способными к эмпатии и социальному взаимодействию) и умнее, лучше ли они усваивают языки и математику?.. И можно ли добиться столь же значительных изменений – так называемого эффекта Моцарта, просто *слушая* определенную музыку? Такого рода вопросы мы и рассмотрим в этой главе.

Ближний и дальний перенос

Легко доказать тот факт, что в целом игра на музыкальном инструменте улучшает мелкую моторику пальцев, а занятия спортивной гимнастикой позволяют лучше и лучше контролировать движения. К тому же здесь есть своя логика. Это можно назвать эффектом ближнего переноса. Есть и более спорное утверждение, доказать которое намного сложнее: занимающийся музыкой человек способен ощутить эффект дальнего переноса. Можно ли, исполняя фуги Баха, улучшить свои результаты в математике? Можно ли добиться успехов в норвежском языке, играя на флейте? Одни считают, что подобных эффектов нет вообще или они слишком незначительны. Исследованиями не доказана связь между IQ лучших гроссмейстеров и их местом в рейтинге. Если мы играем в шахматы, мы улучшим свои результаты в шахматах – и, возможно, получим некоторое преимущество при решении задач, похожих на те, с которыми мы сталкиваемся в шахматах. Но никакого повышения общего уровня IQ или улучшения памяти игра в шахматы нам не даст.

Однако есть основания надеяться и отчасти даже ожидать, что занятия музыкой положительно скажутся на когнитивных способностях в целом. Прежде всего это обусловлено тем, что для исполнения музыкального произведения требуется деятельность многих отделов мозга. Необходима согласованная работа моторики и разных сенсорных систем, таких как слух, зрение, сенсоры в коже и суставах, а также умение осуществлять планирование, наблюдения и точный расчет времени. Одновременно необходимо хранить в кратковременной памяти большое количество информации. Такая задача требует многих ресурсов – и на разных уровнях. Когда в мозге активируются системы поощрения, в процесс вовлекаются эмоции. И как мы уже говорили в предыдущих главах, все это запускает в мозге пластические изменения – мало какие виды деятельности дают такой же результат.

Зафиксировано, что, если сравнивать со среднестатистическим человеком, у людей, занимавшихся музыкой с раннего детства, IQ в целом выше среднего, лучше вербальная память, и зрительно они лучше воспринимают пространственные соотношения (то есть у них хорошо развиты визуально-пространственные способности). Эти люди лучше учатся в школе и добиваются более высоких результатов в работе. Но тут возникает тот же вопрос, что с курицей и яйцом. Известно, что родители, отдающие детей заниматься музыкой, обычно сами имеют хорошее образование, более прочное по сравнению со средним уровнем социально-финансовое положение и, вероятно, более высокий IQ. И нельзя точно определить, их дети способнее остальных, потому что занимаются музыкой – или благодаря генетическим и социальным предпосылкам, берущим начало в семье (более высокий IQ в сочетании с музыкальным образованием). Другими словами, играет ли музыка сама по себе столь важную роль?

Найти верный ответ гораздо сложнее, чем кажется на первый взгляд. Люди долгие годы пытались это сделать. Одни исследования целиком и полностью встают на сторону музыки,

при этом другие оценивают оказываемый ею эффект более скромно – или вообще скептически относятся к эффекту дальнего переноса. Кому же верить?

Начнем с того, что мы уже знаем и что не подлежит обсуждению. И с того, что находится к музыке ближе всего. Мы рассмотрим, как занятия музыкой укрепляют нашу способность обрабатывать звуковые сигналы, информацию и в особенности речь.

Качества слушателя

Дети, которые учились музыке, лучше остальных выполняют различные задания, связанные с прослушиванием аудио. Потому говорят, что они лучше умеют слушать. Так как такие дети хорошо умеют сосредотачиваться на звуках, которые слышат, возможно, они лучше и точнее обрабатывают звуки языка и голоса. Например, тоньше чувствуют малейшие колебания высоты тона. Им легче различать звуки речи, узнавать голоса и выражаемые ими эмоции, да и в целом им легче отделить речь от шума – работает так называемый эффект коктейльной вечеринки. Способность выделить в сложном мире звуков отдельные объекты или источники звука вовлекает в работу не только слуховые системы мозга, но также моторные и визуальные сигналы. Они важны для того, чтобы отличить нужный голос (тот, который нам интересен) от фонового шума. Благодаря множеству очевидных причин у музыкантов это получается лучше. Их слуховой аппарат лучше натренирован и тоньше настроен, кроме того, им проще фокусироваться на отдельных звуках и отфильтровывать лишний шум. Неудивительно, что особенно хорошо это удается дирижерам. Ведь они обычно занимаются тем, что сосредоточенно слушают и выверяют игру отдельных музыкантов – и это при невероятной сложности звуковой картины, которую создает большой оркестр. Такая работа, мягко говоря, требует больших усилий. Кроме того, доказано, что с возрастом музыканты не теряют потрясающую способность слышать отдельные голоса в шумной обстановке.

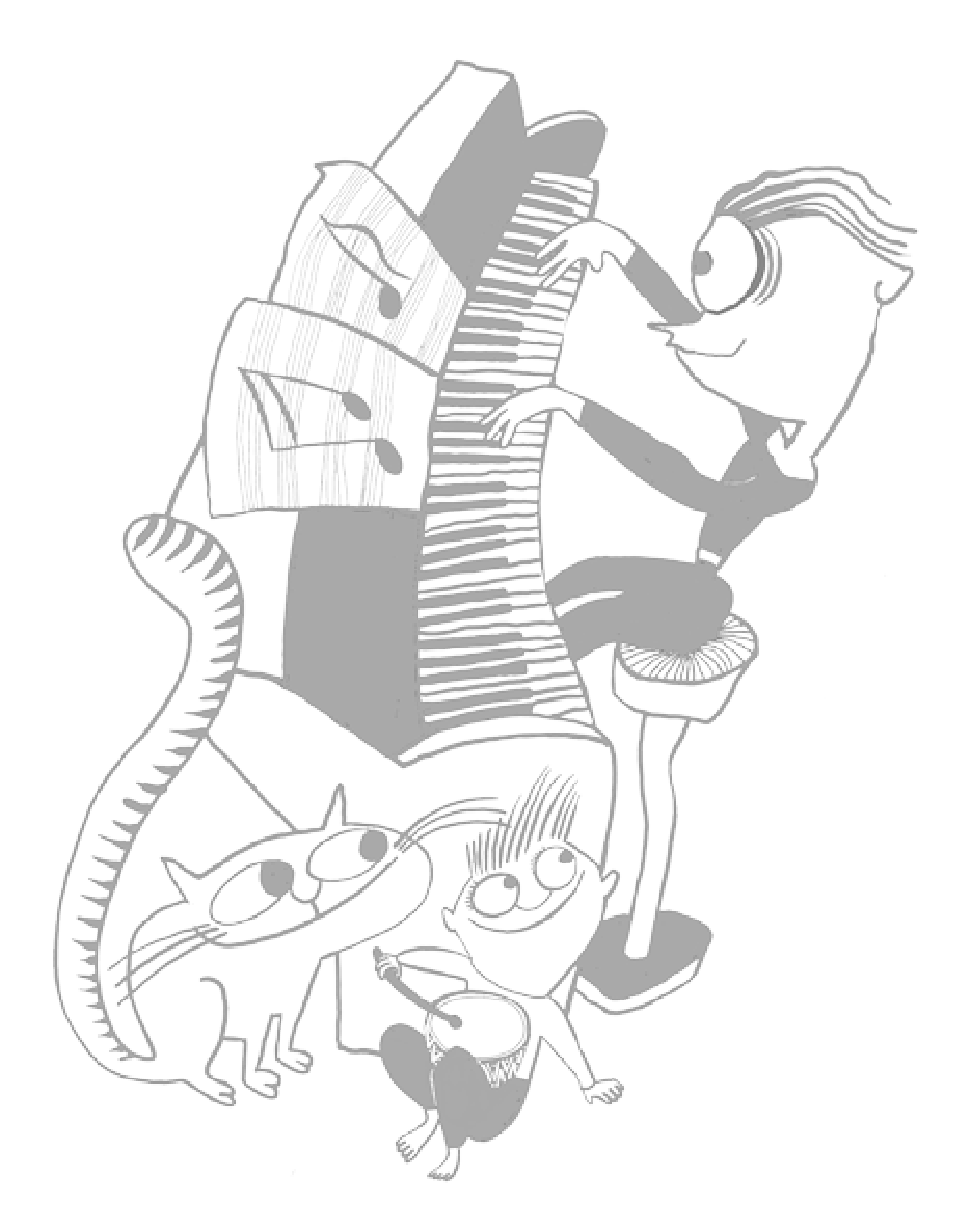
Исследовательская группа под руководством Крауса (2014) приобщила к занятиям в музыкальной школе детей из бедных районов Лос-Анджелеса, выбранных случайным образом. Через год исследователи измерили положительный нейрофизиологический эффект, оказанный занятиями на способность этих детей узнавать взрывные согласные звуки, и сравнили результаты с данными контрольной группы. Взрывными называют звуки, при произнесении которых воздушный поток полностью останавливается либо между голосовыми связками, либо в ротовой полости (например, [к], [т], [д]). Они помогают услышать, где заканчивается одно слово и начинается другое: например, в предложении «**Т**ы **д**олжен **п**озаниматься на **п**ианино» [т], [д], [п] – взрывные согласные. Способность распознавать их тесно связана с чтением и вообще с речевой функцией. Она пригодится и при изучении нового языка. Слова на неизвестном языке кажутся нам длинной цепочкой звуков, и мы не можем понять, где заканчивается одно слово и начинается другое. Изучая язык, мы постепенно начинаем отчетливо слышать взрывные согласные. Это сугубо индивидуальная способность, не зависящая от того, в каком возрасте мы начали заниматься музыкой. Исследования показали, что музыка влияет на способность распознавать взрывные согласные, даже если испытуемый не учился музыке до 14–15 лет.

Речь

Как уже было сказано, язык и музыка имеют много общего и во многом дополняют друг друга. Язык точнее передает данные об окружающем мире, а музыка – эмоциональную информацию. Музыка также способна объединить людей и пробудить в них какие-то чувства. Не важно, слышим мы речь или музыку, – мозг по большей части обрабатывает звуковую картину

одинаково. Структуру, или форму и музыки, и речи обрабатывает один и тот же отдел мозга – зона Брока в левой лобной доле.

И у языка, и у музыки есть мелодия. Существует понятие речевой мелодии (просодии), и иногда она может рассказать больше, чем слова и предложения. На этом строит свою игру ирония: слова сами по себе означают одно, а речевая мелодия указывает совсем на другое. Ряд исследований доказал, что музыканты в целом лучше распознают подтекст речевой мелодии, а потому точнее распознают эмоциональное состояние собеседника. Например, исследовательская группа под руководством Стрейта (2009) изучала, как люди с музыкальным образованием и без анализируют аудиозаписи плача младенцев. Испытуемые должны были прослушать их и догадаться, голоден младенец, нужно ему сменить памперс или же у него возникли другие потребности. По результатам музыканты давали верные ответы чаще, чем немузыканты. Эту информацию подтверждают зафиксированные нейрофизиологические ответы от ствола головного мозга музыкантов. Эти люди больше, чем другие испытуемые, реагируют на «содержательную» (спектрально более сложную) составляющую плача. В результате музыканты лучше распознают мелодию детского плача и имеющуюся в нем информацию.



А что насчет самих детей? Возможно ли измерить языковые способности и в конце концов выяснить, что более способными окажутся дети с музыкальным образованием? Этот вопрос рассматривался в целом ряде исследований. Во время одного из первых (Хасслер, 1985) детей в возрасте от 9 до 14 лет разделили на три группы, исходя из их музыкальных способностей. Первая группа состояла из детей, обучающихся музыке и умеющих сочинять ее и импровизировать. Во второй были дети, которые учились музыке, но не умели ни сочинять, ни импровизировать. Дети из третьей группы совсем не занимались музыкой. В самом начале и во время контрольных тестов два года спустя группа детей, обладающих композиторскими и импровизационными навыками, выполняла языковые задания лучше, чем остальные две группы.

Другие исследования показали, что занимающиеся музыкой дети активнее в социальном плане и более способны к эмпатии – однако по прошествии лет теряют это преимущество. Сложно сделать вывод, что именно вызывает данный эффект – личные качества самих детей (тех, кто начинает заниматься музыкой), свойства программы (например, педагогические) или же сама музыка. Эффект, касающийся языковых навыков, напротив, сохраняется. В исследовании команды ученых под руководством Уайта и Швоха (2013) принимали участие люди, игравшие на музыкальном инструменте только в детстве. На момент проведения исследования в среднем прошло 40 лет с тех пор, когда они играли в последний раз, – однако им было попрежнему проще понимать речь в шумной обстановке, чем тем, кто никогда не играл на музыкальном инструменте!

Нейропсихолог профессор Анируддх Пател высказал гипотезу, согласно которой занятия музыкой способствуют улучшению языковых способностей. Он назвал ее OPERA – по первым буквам следующих слов. O*verlap* (совпадение) – совпадают отделы мозга, участвующие в анализе музыки и речи. P*recision* (точность) – музыка предъявляет более высокие требования к точности анализа, чем речь. E*motion* (эмоция) – музыка вызывает яркие эмоции. R*epetition* (повторение) – активность регулярно повторяется. И наконец, a*ttention* (внимание) – музыка предполагает высокую степень сосредоточенности. По мнению Пателя, языковые способности музыкантов улучшает целый ряд различных механизмов. Он акцентирует внимание на том, что нейронные сети мозга, обрабатывающие музыку и речь, во многом совпадают. И музыка прекрасно их тренирует, поскольку предъявляет к точности более высокие требования, чем речь. К тому же музыка в значительной степени увеличивает активность эмоциональных центров и стимулирует их работу. По мнению Пателя, это объясняет, почему у музыкантов в целом лучше вербальные способности, шире словарный запас, лучше развиты вербальный интеллект и вербальная память, а также почему детям и взрослым, имеющим музыкальное образование, легче учить иностранный язык – и слова, и их произношение.

Многие музыканты и композиторы имели очень хорошие языковые способности. Гейр Твейт (1908–1981), например, много путешествовал и за время путешествий выучил целый ряд языков. Одному из авторов книги (Гейру Ульве) дедушка рассказывал такую историю: во время Второй мировой войны Твейт помог своим землякам выставить из пивной группу немецких солдат – притворившись офицером, он накричал на них на прусском (на этом диалекте обычно разговаривали немецкие офицеры).

Математика и восприятие пространства

Четырехголосные фуги Баха имеют очень сложную структуру. Одна и та же тема должна повторяться на четыре голоса разными способами, и при этом вся музыка должна восходить вверх, согласно правилам гармонии той эпохи. Это примерно так же сложно, как решать уравнение с большим количеством неизвестных. В самом деле, как мы уже видели в предыдущих главах, в музыке очень много математики.

Согласно мифам, музыка и математика идут рука об руку: если удается одно, обязательно получится и другое. Но правда ли это на самом деле? Одни исследования выявляли положительную связь у детей, занимающихся музыкой, другие – нет. Итальянский профессор музыки Евгения Коста-Джиоми выявила, что у детей, которые учатся играть на фортепиано, в первые два года занятий улучшается способность к зрительному восприятию пространства (визуально-пространственные способности) по сравнению с контрольной группой. Но еще через год (то есть через три года после начала исследования) различия сглаживаются. Другими словами, обучение музыке может поспособствовать ускоренному приобретению визуально-пространственных способностей, однако длительного преимущества не дает. Не доказан и тот факт, что математики – более музыкальные люди. Этот миф остался лишь мифом.


$\frac{x}{3} - 1 = \frac{x}{2} + \frac{1}{6}$

Исполнительные функции

Исполнительные функции – это процессы, протекающие в мозге и отвечающие за когнитивный контроль (то есть за внимание, концентрацию, способность противостоять искушению), рабочую память и ментальную гибкость (способность быстро переключать внимание между разными задачами). Этими способностями управляют лобные доли – благодаря им мы способны фокусироваться на целях и средствах и менять поведение с помощью силы воли, исходя из изменений во внешней среде.

Обучение игре на музыкальном инструменте требует развития именно таких качеств, как фокусировка внимания, рабочая память, умение переключать внимание между разными задачами (чтение нот, взаимодействие с другими музыкантами, решение сложных технических проблем), а также выносливость. На эти качества музыкальное образование действительно оказывает эффект. Например, одно из исследований продемонстрировало улучшение исполнительных функций у детей уже на 20-й день занятий. Еще одно исследование показало, что объем рабочей памяти у детей, занимавшихся музыкой в течение 18 месяцев, увеличился, если сравнивать с данными контрольной группы, где испытуемые в тот же самый период обучались по общей научной программе (исследование под руководством Родена, 2012). Но опять же, очень сложно отличить эффект, который оказывает именно музыка, от общего эффекта, который достигается благодаря систематической практике.

Интеллект и образование

Существуют задокументированные свидетельства того, что в среднем люди, которые учились музыке, имеют более высокий уровень образования и IQ. Но чем вызвана эта связь? Может ли один общий скрытый фактор (например, социально-экономическое положение родителей) объяснить оба явления – или есть прямая связь между интеллектом и музыкальностью, не зависящая от других факторов? Ответов на эти вопросы по-прежнему нет.

Канадский психолог профессор Э. Гленн Шелленберг в нескольких исследованиях пытался сделать поправку на социально-экономическое положение родителей. Он обнаружил положительную корреляцию между обучением музыке и IQ у детей 6–11 лет, а также связь между обучением музыке в детстве, IQ и академическими успехами молодых людей. Был проведен целый ряд длительных исследований, во время которых детей наблюдали в течение долгого времени. Эти исследования показали те же результаты. По всей видимости, обучение музыке все-таки оказывает положительный эффект на общий уровень IQ, а также на академические успехи. Большинство исследователей полагает, что обучение музыке напрямую влияет на исполнительные функции. Этому есть разумное объяснение: обучение музыке предъявляет серьезные требования к ребенку и развивает координацию рук, а также способность концентрироваться на чем-то в течение долгого времени, внимание и рабочую память. Как мы говорили в предыдущей главе, благодаря этому в организме ребенка происходят изменения, поддающиеся измерениям, например, увеличивается размер мозолистого тела, что улучшает связь между полушариями. Кроме того, вероятно, раннее обучение музыке дает ребенку опыт того, что интеллектуальный труд, требующий концентрации, выдержки и постоянной практики, приносит радость и положительные результаты. Этот опыт повышает вероятность того, что ребенок будет упорнее трудиться в школе и в будущем решит уделить как можно больше внимания обучению.

Эффект от игры на музыкальном инструменте в детстве и юности сохраняется на долгое время. В исследовании Ханны-Плэдди и Макгей приняли участие люди в возрасте от 60 до 83 лет. Оказалось, что у тех, кто в детстве и юности более 10 лет играл в оркестре, в сред-

нем лучше память, кроме того, они также зрительно лучше воспринимают пространство – по сравнению с людьми, у которых не было такого опыта. Музыканты не теряют своих способностей. Но начать учиться музыке никогда не поздно – даже если в детстве вы ей не занимались. Исследование людей в возрасте от 65 до 80 лет, которые только в этом возрасте начали учиться играть на фортепиано, показало, что через шесть месяцев у них значительно улучшилась рабочая память, моторные навыки и темп восприятия. Их результаты сравнивали с результатами группы тех, кто занимался другими видами деятельности (например, физическими упражнениями и рисованием). В 2014 году группа шведских ученых под руководством Бальбага исследовала 157 возрастных пар близнецов. Оказалось, что у тех, кто играл на музыкальном инструменте всю жизнь, вероятность развития деменции в старости была намного ниже, чем у их братьев и сестер, никогда не занимавшихся музыкой.

Возраст мозга можно определить с помощью МРТ. Ученые исследовали МРТ мозга пациентов, хранившиеся в базе данных, выведя некие средние показатели, характерные для разных возрастов. А потом сравнили эти показатели с хронологическим возрастом испытуемых. Это слегка напоминает калькулятор возраста: необходимо ввести пульс в состоянии покоя, рост, вес, объем талии и так далее, и вы получите свой биологический возраст, который может сильно отличаться от хронологического. В 2018 году группа исследователей под руководством Рогенмосера сравнила мозг профессиональных музыкантов, музыкантов-любителей и тех, кто никогда не занимался музыкой. Выяснилось, что в среднем мозг музыкантов был моложе (то есть выглядел моложе на МРТ-снимках) настоящего возраста испытуемого. Однако по результатам исследования вовсе не была выявлена зависимость вида молодости мозга от количества занятий музыкой. Оказалось, что моложе всего именно мозг музыкантов-любителей. У профессиональных музыкантов мозг в среднем был моложе – но в меньшей степени. Результаты вызвали дискуссию: может, профессиональный музыкант испытывает такой сильный стресс, что он снижает положительный эффект от занятий музыкой? И приносит ли музыканту-любителю пользу наличие других интеллектуальных задач, возникающих в течение рабочего дня? Исследование показало, что для стимуляции работы мозга разнообразие видов деятельности полезнее, чем однообразие. И к музыке это тоже относится.

Эффект Моцарта

В 1993 году в журнале *Nature* Фрэнсис Раушер опубликовала результаты одного эксперимента. Его часто ставят в пример, когда говорят, что музыка теоретически способна оказывать эффект дальнего переноса. Одна группа молодых людей слушала Сонату ре мажор для двух фортепиано (K. 448) Моцарта в течение 10 минут. Вторая группа слушала расслабляющую музыку, а третья сидела в тишине. Группы менялись местами, и каждый испытуемый в итоге оказывался во всех трех вариантах условий. После каждого этапа эксперимента испытуемые получали задание мысленно сложить и разрезать лист бумаги, а затем представить, объект какой формы получится, если снова сложить этот лист. Задания такого рода проверяют способность к пространственному восприятию и входят во все тесты на проверку уровня интеллекта. Раушер обнаружила, что лучше всего молодые люди выполняют задание после прослушивания Моцарта – рост IQ составил примерно 8 баллов. Полученные результаты тут же были опубликованы в СМИ под заголовками вроде «Моцарт сделает вас умнее» – и вот уже словосочетание «эффект Моцарта» стало термином.

Но давайте не будем торопиться и подумаем, нет ли ничего странного в самой форме исследования? Выбранное произведение Моцарта способно развеселить и взбодрить человека и, конечно, весьма отличается от расслабляющей музыки или полной тишины (от нее мы становимся вялыми). Кроме того, подобные задания считаются одними из самых сложных в тестах на определение уровня интеллекта. Необходим также высокий уровень концентрации

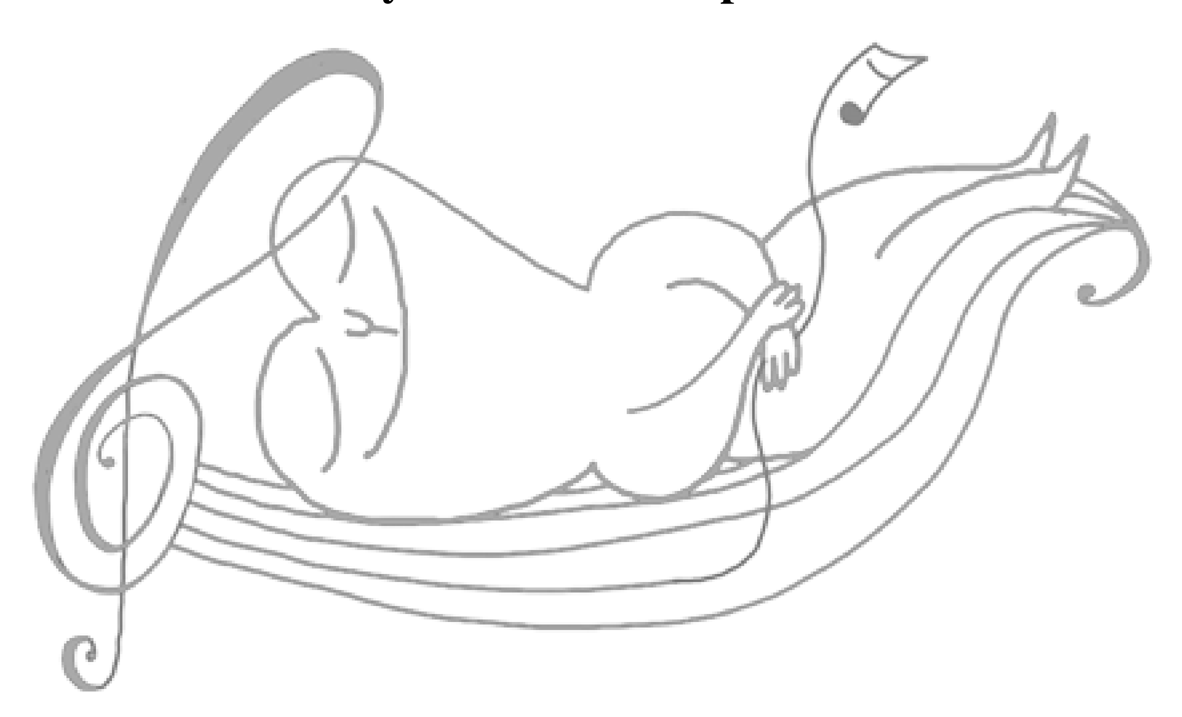
и интеллектуальных усилий, и есть множество свидетельств тому, как сильно уровень возбуждения и настроение влияют на способность выполнять сложные интеллектуальные задачи. Положительные эмоции увеличивают количество дофамина в префронтальной коре. Согласно относительно новой теории именно этот факт объясняет, почему многие когнитивные задачи испытуемые выполняют гораздо быстрее и успешнее при наличии стимуляции умственной деятельности. Может, решающим фактором в вопросе, как все группы справятся с заданием, был именно уровень возбуждения, а также связанная с ним способность приложить некое усилие?

В последующие годы бесчисленное количество исследователей пыталось проверить и оспорить результаты Фрэнсис Раушер. В 1999 году во время эксперимента Нантаис и Шелленберг давали трем группам задания на определение уровня IQ после прослушивания того же самого произведения Моцарта, фортепианного произведения Шуберта и аудиозаписи с голосом диктора. По результатам этого эксперимента не было обнаружено никакой разницы в результатах, полученных от разных групп. Кроме того, когда испытуемых спросили, что им понравилось больше – Моцарт, Шуберт или рассказанная диктором история, была выявлена удивительная закономерность. Те, кому нравился Моцарт, лучше справлялись с заданием после прослушивания Моцарта, а те, кому больше нравились Шуберт или история, рассказанная диктором, соответственно, лучше справлялись после их прослушивания.

Еще одно испытание было проведено исследовательской группой под руководством Томпсона (2001). Ученые выбрали для работы «Адажио» Альбинони, медленное и печальное произведение. Испытуемые лучше справлялись после сонаты Моцарта, чем после сидения в тишине, а после Альбинони и тишины не было обнаружено никакой разницы в том, насколько качественно выполнено задание. А как только исследователи начали следить за уровнем возбуждения и настроением испытуемых, эффект Моцарта полностью исчез. Проводились эксперименты и на детях 10–12 лет. На них больший эффект оказывали популярные мелодии, а не Моцарт, но лишь ненадолго. В итоге во всех подобных исследованиях эффект и от Моцарта, и от другой музыки был весьма кратковременным. Ни один эксперимент так и не доказал, что музыка может оказывать длительный эффект на способность решать интеллектуальные задачи.

В целом можно опровергнуть факт наличия особого влияния музыки на интеллект человека. Однако неудивительно, что все указанные исследования подчеркивали необычную способность музыки влиять на наши эмоции. А ведь многим из нас музыка нужна именно того, чтобы взбодриться или успокоиться, расслабиться или развеселиться, порадоваться или погрустить. В этом и заключается магия музыки – и, возможно, это и есть тот самый эффект Моцарта.

Музыка как лекарство



Музыка и нарушения развития

Мозг, разумеется, самый сложный орган нашего тела. Как и вся остальная нервная система, он развивается в течение девяти месяцев беременности – и для его роста нужны невероятная скорость и точность. Во время беременности каждую минуту образуется в среднем 250 000 новых клеток мозга. Все они перемещаются на нужное место, учатся решать определенные задачи, созревают и образуют связи с тысячами других клеток. Процессы, благодаря которым все идет как надо, совершенствовались и оттачивались сотни тысяч лет. Однако одно из невероятных чудес природы состоит как раз в том, что почти каждый раз все проходит гладко.

Но иногда что-то идет не так. При очень серьезных нарушениях развития природа зачастую сама заботится о прерывании беременности – выкидыше – на столь ранних сроках, что женщина даже не успевает осознать, что была беременна. При менее серьезных отклонениях беременность идет своим чередом, а нарушения развития впоследствии проявляются в виде различных функциональных отклонений у растущего ребенка. Обычно такие отклонения имеют комплексные причины. Некоторые нарушения чисто генетические – к ним относится, например, синдром Дауна (трисомия 21), возникающий из-за наличия лишней хромосомы. Другие обусловлены исключительно внешними факторами: например, детский церебральный паралич (ДЦП) зачастую возникает в результате травмы до, во время или сразу после родов. Причины многих нарушений развития не до конца известны. Зачастую эти нарушения можно объяснить сочетанием генетической предрасположенности и одного или нескольких неблагоприятных внешних факторов.

Как мы уже не однажды говорили, у человеческого мозга есть уникальная способность, называемая *нейропластичностью*, – он формируется под воздействием внешней среды. При любых травмах или заболеваниях мозга именно нейропластичность позволяет мозгу перестроиться и нормализовать работу, несмотря на повреждение. Бывает так, что другие отделы мозга берут на себя функции поврежденного – либо же оставшаяся часть перестраивается благодаря систематическим упражнениям. Как мы уже обсуждали, музыка способна повышать уровень

нейропластичности. В этой главе мы рассмотрим наиболее частые формы нарушений развития мозга и нервной системы и то, как музыка помогает им снова начать работать нормально.

Развитие мозга

Уже на четвертой неделе беременности, когда большинство женщин еще даже не знают, что беременны, начинают развиваться мозг и нервная система будущего ребенка. На этой стадии эмбрион состоит из трех зародышевых пластов. Из внешнего, эктодермы, образуется нервная пластинка. Позже она станет мозгом и нервной системой. Но клетки эктодермы все еще не созрели и мало напоминают клетки мозга.

Через несколько дней в нервной пластинке образуются два валика. А еще через несколько дней валики начинают смыкаться, образуя полую нервную трубку, – почти как молния на одежде. Если процесс смыкания идет неправильно, возникают различные нарушения развития, самое известное из которых – расщепление позвоночника. При этом заболевании нижняя часть спинного отдела нервной трубки не смыкается так, как положено. Среди прочего это может привести к различным функциональным нарушениям, связанным с мышцами ног, а также к трудностям с контролем мочеиспускания. Процесс смыкания регулирует вещество под названием фолиевая кислота. Если женщины, планирующие беременность, принимают фолиевую кислоту, это снижает риск расщепления позвоночника эмбриона и других нарушений во время смыкания нервной трубки.

Собственно головной мозг формируется на одном конце нервной трубки, а остальная ее часть превращается в спинной мозг, который будет непрерывно передавать сигналы между головным мозгом и остальными частями тела. Отвечающие за это клетки тоже берут начало от нервной трубки. На этом этапе они перемещаются из ее центральных отделов в генетически определенные для них участки растущей нервной системы. К 20-й неделе беременности формируется большая часть клеток мозга. Тогда же клетки перемещаются из центральных отделов мозга к его поверхности. Чтобы места хватило всем новым клеткам, мозг начинает как бы сминаться. Он делает это в том числе и потому, что место требуется самой поверхности мозга (которая называется корой и состоит из мозговых клеток). У взрослого человека ее площадь примерно равна четырем листам бумаги формата А4. Без извилин ей бы просто не хватило места в нашем черепе. Хотя этот процесс обусловлен генетикой, его точность и правильный ход зависят от целого ряда внешних факторов. Начиная с 20-й недели беременности и до самых родов разные группы клеток постепенно созревают и приобретают специализацию, а между разными клетками образуются миллиарды связей. Многие из них исчезнут после родов – все зависит от условий, в которых окажется младенец. На поздних этапах беременности также формируются важные рефлексы, которые потребуются ребенку сразу после появления на свет, например сосательный, защитный, мочеиспускательный.

На момент родов в организме нового человека уже сформированы все структуры мозга и образована большая часть нервных клеток. Однако развитие мозга еще не окончено, ведь именно в это время начинается приспособление к окружающей среде. В последующие месяцы и годы мозг будет созревать, а в ответ на воздействие среды, в которой окажется ребенок, между нервными клетками будет образовываться все больше связей. Вероятно, ровно настолько же важную роль играет и исчезновение ненужных связей. В то же время постепенно протекает процесс (он называется *миелинизация*), когда на связях между клетками нарастает изолирующий слой, благодаря которому сигналы передаются быстрее и точнее. Созревание мозга заканчивается примерно к 21 году.

Слух и ранняя музыкальность

То, что позже станет внутренним ухом, улиткой и сенсорными нейронами, превращающими звуковые волны в электрические сигналы, образуется из нервной трубки уже на пятой или шестой неделе беременности. Именно на шестой неделе по обеим сторонам головы плода формируются две впадинки – будущие внешние уши. Примерно на 18-й неделе у эмбриона уже сформирован слуховой канал, а начиная с 21-й или 23-й недели, когда укрепляются слуховые косточки (молоточек, наковальня, стремечко), плод уже способен слышать. В этот период он уже четко реагирует на громкие звуки. С этого момента он постоянно находится в мире звуков.

Мир для эмбриона – это прежде всего биение материнского сердца, первый метроном, а также дыхание матери. Они отсылают ритмичные сигналы к слуховой коре ребенка. То же касается звуков извне. Доказано, что в третьем триместре сердце плода уже различает речь матери и постороннего человека и по-разному реагирует на них. Значит, уже в конце беременности мозг плода способен узнавать голос матери. Кроме того, ребенок по-разному реагирует на речь и музыку. Ранние музыкальные впечатления остаются в его памяти: новорожденному младенцу больше нравится голос матери, чем другие голоса, и та музыка, которую он слышал до рождения. Одно из исследований даже доказало, что если до родов каждый день читать какой-нибудь детский стишок, то он потом будет нравиться новорожденному младенцу больше остальных. Этот эффект имеет место, даже если стишок читает не мать. Другими словами, плод помнит и узнает не только голос, но также ритм и мелодию стихотворения – это форма ранней музыкальности.

Ранняя музыкальность проявляется и в других вещах. Известно, например, что дети, живущие в разной языковой среде, плачут по-разному. У плача французских младенцев мелодическая структура восходящая, а у немецких – нисходящая. Это отражает языковые мелодии того мира звуков, в котором младенцы находятся и до, и сразу после рождения.

Детский церебральный паралич (ДЦП)

Детский церебральный паралич (ДЦП) – это обобщенное название функциональных нарушений, затрагивающих способность совершать движения (то есть нарушений моторных функций) и возникающих в результате травм до, во время или сразу после родов. Нарушения могут быть обусловлены генетикой или внешней средой. К церебральному параличу ведут такие разные факторы, как пороки развития, черепно-мозговые травмы, нехватка кислорода во время родов и прием матерью медикаментов или злоупотребление алкоголем во время беременности. А поскольку ДЦП возникает в результате травмы, по своей природе это заболевание не развивается, а состояние пациента со временем не ухудшается. Однако симптомы заболевания могут меняться на протяжении жизни – например, из-за особенностей индивидуального развития и/или естественных возрастных изменений, а также в лучшую сторону благодаря занятиям. А то, как именно может проявиться нарушение, зависит от типа, области повреждения и не в последнюю очередь от того, когда именно оно произошло – на ранних или поздних этапах развития плода, во время родов или после. Поскольку нарушение развития происходит в самые первые годы жизни и симптомы могут довольно сильно меняться, обычно в Норвегии итоговый диагноз «ДЦП» не ставят, пока ребенок не достигнет возраста четырех лет. На тысячу новорожденных приходится два-три случая ДЦП.

Самый типичный для ДЦП симптом – так называемая диплегия, вызывающая, кроме всего прочего, нарушение моторики обеих рук и ног, при этом больше затрагивающая функции ног. Второй наиболее распространенный симптом – гемиплегия, приводящая к тем же самым проблемам, но лишь в одной половине тела. Как правило, у пациента с ДЦП одновременно про-

являются такие симптомы, как спастичность (неконтролируемо высокое напряжение в мышцах) и слабость мышц. Проявления заболевания могут быть очень разными – от слегка повышенного мышечного напряжения, когда человек способен передвигаться самостоятельно, хоть и довольно своеобразно, до увечья, когда передвижение без посторонней помощи уже невозможно. Иногда возникает дискинезия – непроизвольные движения мышц обеих рук и ног.

Хотя ДЦП считается чисто моторным нарушением, у ребенка вместе с ним обычно возникает и ряд сопутствующих заболеваний. Самые частые из них – эпилепсия, умственная отсталость и различные проблемы с перцепцией (восприятием). Для терапии всегда важно понимать, какие сопутствующие заболевания есть у пациента (если таковые имеются). Для музыкальной терапии особенно важно выявить наличие нейросенсорной тугоухости.

ДЦП не лечится. Традиционно используется сочетание различных форм физиотерапии, эрготерапии и (если это необходимо) работы логопеда. В отдельных случаях помогает операция на костной ткани или мышцах, исправляющая их неверное положение. Некоторые медикаменты могут снизить уровень спастичности, но лишь в небольшой степени. Медикаментозное лечение направлено напрямую на мышцы или центральную нервную систему и проводится только в узкоспециализированных центрах.

Музыка и ДЦП

Музыку применяют в работе с пациентами с ДЦП уже много десятилетий. Прежде всего пассивное прослушивание музыки направлено на увеличение у пациентов мотивации и концентрации, а также на формирование умения расслабиться. Но в последние годы, кроме всего прочего, уделяется много внимания попыткам повысить с помощью музыки и музыкальных занятий уровень нейропластичности (про нее мы уже говорили много раз). Среди прочего ритмо-звуковые стимулы применяются для совершенствования навыков ходьбы у больных ДЦП. Наиболее интересны техники, делающие упор на сенсомоторную интеграцию (соединение сенсорных стимулов с моторной активностью). Например, игра на фортепиано – именно такая активность. Ряд исследований доказал, что благодаря занятиям фортепиано у людей с ДЦП улучшается моторика пальцев, а их движения становятся более быстрыми и точными. Во время одного из исследований благоприятный эффект был достигнут в течение 6 недель – и всего за два занятия в неделю. Еще одно исследование выявило, что благодаря занятиям музыкой у пациентов с ДЦП укрепляются связи между моторными областями коры, отвечающими за движения кистей рук, и мозжечком.



В исследовании, проведенном Альвес-Пинто и ее коллегами в 2015 году, 18 детей с ДЦП в возрасте от четырех до 16 лет интенсивно занимались музыкой, играя на музыкальном инструменте в течение 18 месяцев. Изучив результаты этого исследования, можно с уверенностью утверждать, что моторика рук у детей улучшилась. Однако группы были не такими большими, и в настоящее время не хватает исследований, демонстрирующих эффект от активных занятий музыкой на общем моторно-функциональном уровне. Однако и теоретические выкладки, и результаты вышеупомянутых исследований дают надежду, что при работе с ДЦП индивидуальные занятия с использованием музыкальной терапии могут привести к прекрасным результатам.

Умственная отсталость

Умственную отсталость также называют *олигофренией* и определяют по низкому коэффициенту интеллекта (IQ) – когда он ниже или равен 70. Интеллект определяют как способность к восприятию, обдумыванию и решению задач, а также к абстрактному мышлению. IQ помогает измерить и сравнить уровень интеллекта у разных людей. Существует несколько видов тестов на интеллект, и все они имеют одну общую черту: они построены так, что средний IQ населения находится на уровне 100. Если IQ человека выше или ниже, значит, его интеллект в ту или иную сторону отличается от среднестатистического. Однако единого мнения о пользе понятия интеллекта нет. Общий функциональный уровень человека определяется, конечно, намного большим количеством факторов, чем может измерить IQ-тест, а потому тесты используются

весьма ограниченно. И напротив, можно согласиться с тем, что очень низкий уровень интеллекта создает трудности, из-за которых пациенту требуется та или иная помощь в повседневной жизни. Поэтому IQ-тест полезен при диагностике умственной отсталости.

Есть несколько способов измерить степень отсталости. Самый простой – различать легкую степень (IQ между 50 и 70) и серьезные нарушения (IQ меньше 50). Часто IQ меняется в процессе взросления и индивидуального развития. Поэтому для определения уровня IQ зачастую требуются повторные измерения, а для оценки результатов – опыт и высокий уровень компетенции специалистов, проводящих тесты.

Зафиксировано от 6 до 13 случаев заболевания на тысячу, у мальчиков умственная отсталость встречается чуть чаще. В большинстве случаев можно выявить ту или иную ее причину. Среди генетических самая распространенная – синдром Дауна (трисомия 21), но существует еще целый ряд генетически обусловленных заболеваний, приводящих к умственной отсталости. Она часто влечет за собой и дополнительные симптомы – например, специфическую внешность или поведение. В Норвегии в наши дни условия окружающей среды все реже становятся причиной возникновения заболевания – в отличие от злоупотребления алкоголем и наркотическими веществами во время беременности, а также различных инфекций. До введения вакцинации против краснухи причиной умственной отсталости часто являлась именно эта болезнь.

Умственная отсталость и музыка

Умственная отсталость – одно из наиболее часто встречающихся неврологических нарушений, однако страдающие им пациенты не похожи друг на друга. Возможно, это одна из важнейших причин отсутствия исследований, изучающих влияние музыки на людей с умственной отсталостью и рассматривающих этих людей как группу. Для этого они просто-напросто слишком разные. Но зато проводились исследования, изучавшие влияние занятий музыкой на не связанные с ней способности у интеллектуально сохранных детей. В одном из них (под руководством Шелленберга, 2004) приняли участие 144 ребенка в возрасте шести лет. Детей разделили на четыре группы. Первая группа занималась фортепиано, вторая – пением, третья ставила спектакль, а дети из четвертой не получали никакого дополнительного образования. Все испытуемые прошли IQ-тест до начала исследования и через год. IQ вырос у всех (что неудивительно, ведь за год дети повзрослели), но наибольший рост IQ продемонстрировали представители тех групп, которые занимались музыкой и пением, – причем с равными показателями. Следовательно, занятия музыкой – не важно, в какой именно форме, – улучшают когнитивные навыки. Однако, чтобы делать такие выводы, одного исследования недостаточно. Другие исследования показали различные результаты при измерении когнитивных навыков. Есть и недавнее хорошо организованное исследование (под руководством Гуо, 2018), продемонстрировавшее, что у детей от 6 до 8 лет после шести недель занятий на фортепиано улучшается рабочая память – если сравнивать с соответствующей группой детей, не занимающихся музыкой.

Хотя есть определенные основания полагать, что у интеллектуально сохранных детей когнитивные навыки, включая общий уровень IQ, можно улучшить с помощью музыкальных занятий, подобных исследований на детях с умственной отсталостью не проводилось. И нет причин утверждать, что у детей с умственной отсталостью эффект от занятий музыкой будет не такой очевидный. Скорее наоборот. При многих формах умственной отсталости поздно развивается речь, страдают рабочая память и социализация, но можно добиться улучшения во всех этих областях с помощью занятий музыкой и музыкальной терапии. И последний – но не по значимости – факт: взрослым и детям с умственной отсталостью прослушивание музыки и занятия ею приносят ту же радость, что и всем остальным. Возможно, это лучший аргумент в пользу того, чтобы делать музыку полноценной и естественной частью ежедневной полноценной заботы о людях с умственной отсталостью.

Расстройства аутистического спектра (РАС)

Термин «расстройства аутистического спектра» используется как общее обозначение группы значительных нарушений развития, имеющих разную степень функциональных отклонений в сфере социального взаимодействия, коммуникации и поведения. Люди с такими нарушениями испытывают трудности во время коммуникации, зачастую для них характерны ограниченные интересы и повторяющиеся сценарии поведения. Степень серьезности заболевания весьма неоднородна – от глубоких форм аутизма, при которых человеку требуется постоянная помощь и круглосуточное наблюдение, до самых легких, вполне совместимых с нормальной или относительно нормальной семейной жизнью и работой. В понятие РАС входит несколько диагнозов, таких как аутизм, синдром Ретта и синдром Аспергера. Для последнего, согласно устаревшим критериям диагностирования, не характерно позднее развитие речи, а пациент имеет более высокий уровень функционального развития, чем при аутизме. РАС встречается с частотой примерно от 6 до 10 случаев на тысячу жителей у представителей всех культур. Причина возникновения неизвестна. Доказано, что по сравнению с мозгом обычных людей мозг людей с РАС имеет ряд функциональных и анатомических отличий. Но между имеющимися данными сложно выявить связь, и они не указывают на какую-то явную причину заболевания.

Расстройства аутистического спектра и музыка

Музыкальная терапия часто фокусируется на коммуникативной и эмоциональной сфере, построении отношений и креативности. Люди с РАС часто испытывают сложности во многих из этих сфер – или даже во всех. Поэтому есть основания полагать, что техники музыкальной терапии будут эффективны для облегчения состояния пациентов с РАС. Самое крупное и подробное описание научных работ, касающихся применения музыкальной терапии при РАС, сделано в 2014 году организацией Cochrane – оно охватывает все проводившиеся в этой области исследования. Вывод: музыкальная терапия оказывает положительный эффект и на социальное взаимодействие, и на вербальные и невербальные коммуникативные способности, и на социальную адаптацию людей с РАС. Стоит заметить, что эффект от терапии весьма скромный, а общее число участников исследований невелико (всего 165 человек). В то же время был не только доказан эффект от музыкальной терапии при отсутствии любой другой – эффективность от занятий музыкой сравнили с другими формами терапии, уже *без* музыки. Другими словами, при РАС терапия с использованием музыки, по-видимому, оказывает совершенно особый эффект. В новом, весьма подробном исследовании приняли участие 364 ребенка из девяти стран (в том числе из Норвегии), однако оно не выявило никакого явного эффекта от музыкальной терапии по сравнению со стандартной терапией при РАС.

Синдром дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ)

СДВГ характеризуют проблемы с концентрацией, гиперактивность и импульсивность. Симптомы проявляются с раннего возраста. Ребенок испытывает трудности с длительной концентрацией внимания, его действия можно назвать неорганизованными и хаотичными. Ребенок отличается беспокойностью, ему сложно сидеть тихо и вообще придерживаться социальных норм – например, ждать своей очереди и не перебивать других. Проблемы сохраняются у двух из трех взрослых, которым в детстве был поставлен такой диагноз. СДВГ также называют *гиперкинетическим расстройством*. Помимо всего прочего, это расстройство зачастую влечет за собой проблемы с обучением, поведением и сном, а также нервный тик. Диагноз ставится на основании симптомов, наблюдений за развитием болезни, различных стандартных тестов

и всесторонней оценки опытных экспертов. Другими словами, невозможно узнать, есть ли у человека СДВГ, с помощью анализа крови или других анализов.

Причины заболевания неизвестны. Нарушением страдают 30–50 человек на тысячу жителей. Большинство имеющих диагноз – мальчики. Лечение в первую очередь представляет собой педагогические меры и изменение условий жизни, среди прочего уменьшение нагрузки, специальные курсы для родителей и работу с ними, а также организацию специализированного обучения в школе. Парадоксальным образом средство, стимулирующее центральную нервную систему, под названием метилфенидат при ежедневном приеме уменьшает проявление некоторых симптомов у отдельных пациентов. В Норвегии растет частота употребления этого лекарства. Медикаментов, полностью излечивающих заболевание, не существует.

СДВГ и музыка

Ряд исследований доказал, что люди с СДВГ могут испытывать сложности с выполнением таких задач, как поддержание устойчивого ритма и отбивание такта музыкального произведения. Иногда они с трудом понимают, что слышимый ими ритм стал неровным. Предположительно, это связано с тем, что у пациентов с СДВГ нарушен контроль импульсов, а также концентрация внимания. Однако вполне допустимо, что именно занятия, ориентированные на поддержание ритма, сохранение концентрации и фокусировку внимания в течение долгого времени – а именно этого требуют занятия музыкой – оказывают при СДВГ положительный эффект на общую способность к контролю импульсов, а также к концентрации. К сожалению, не существует по-настоящему качественно выполненных количественных исследований, посвященных данному вопросу, хотя начиная с 1960-х годов многие ученые выявили общий положительный эффект от музыкальной терапии у этой группы пациентов. Поэтому и здесь требуются новые – и качественные – исследования.

Музыка и инсульт

Без сомнения, мозг – наш самый главный орган. Это не только командный центр для всего тела, внутри которого находятся мысли, чувства и воспоминания. Мозг также определяет человека как личность. Благодаря протекающим в мозге процессам мы являемся *собой*, то есть продуктом всего, чему мы научились и что испытали за жизнь. В то же время именно мозг травмировать проще всего.

Острые травмы большинства органов можно вылечить – царапина зарастает, образуются новые клетки, восполнится кровопотеря. Но наши возможности вылечить после подобных повреждений мозг сильно ограниченны. Однако, как мы уже видели, мозг способен создавать новые клетки всю жизнь. Но эта способность имеет пределы. А улучшение после таких серьезных повреждений, как инсульты и черепно-мозговые травмы, наступает прежде всего благодаря нейропластичности (как мы говорили уже не раз), а не способности мозга самовосстанавливаться. Известно, что способность к нейропластическим изменениям усиливается именно после инсультов и черепно-мозговых травм. Некоторые отделы мозга берут на себя функции поврежденного, образуются новые связи, а имеющиеся слабые связи при этом укрепляются. Как мы уже говорили, у музыки есть уникальная способность стимулировать нейропластические изменения в мозге. Поэтому неудивительно, что именно инсульт тщательнее всего исследовали в контексте пользы, которую приносит музыка.

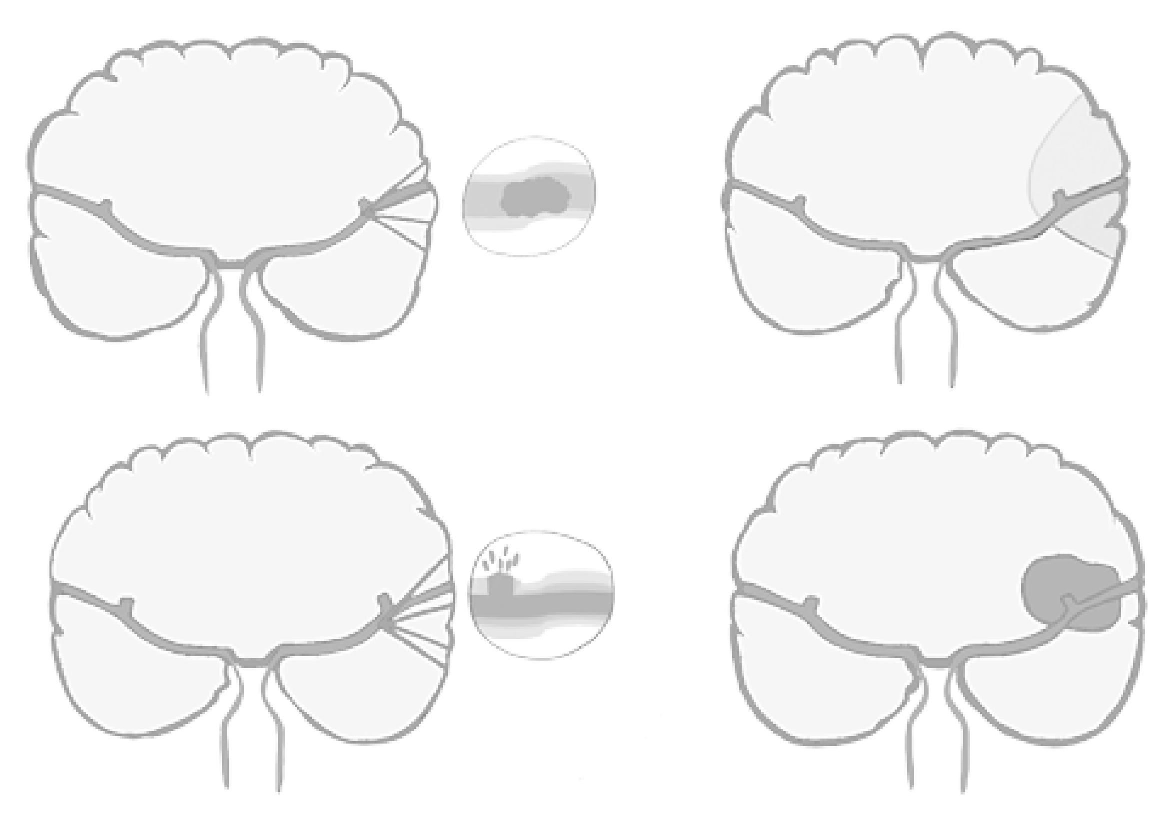
Применение музыки в терапии после инсульта тщательно исследовалось – по ряду причин. Это заболевание широко распространено и имеет серьезные последствия как для самого человека, так и для общества в целом. Во всем мире инсульт – одна из основных причин смерти и инвалидности. Ежегодно в Норвегии его переносят около 12 000 человек – это больше 30 случаев в день. Чаще всего страдают пожилые люди, трое из четырех пациентов – люди старше 70 лет. Однако каждый год инсульт также переносят более тысячи человек моложе 50 лет, а в редких случаях даже дети и подростки. Расходы государства на реабилитацию пациентов оцениваются в семь-восемь миллиардов крон в год.

Что такое инсульт?

Под инсультом понимают острое нарушение кровообращения мозга. Его подразделяют на два основных типа: инфаркт мозга и кровоизлияние в мозг. От 80 до 90 % инсультов приходятся на инфаркт мозга. Остальные – кровоизлияние в мозг. При инфаркте головного мозга в одной из артерий возникает тромб – в результате питаемые ею клетки не получают кровь. В отличие от большинства клеток тела клетки головного мозга очень плохо переносят недостаток кровообращения. Уже через несколько минут они начинают погибать, и последствия становятся необратимыми – происходит инфаркт мозга. Иногда, правда, тромб рассасывается сам по себе, кровоснабжение нормализуется и симптомы быстро проходят. Это называется транзиторная ишемическая атака. К симптомам важно относиться серьезно и по возможности быстро устранять причину. Зачастую они являются предвестниками инсульта.

При кровоизлиянии в мозг, напротив, внезапно лопаются артерии. В результате кровь вытекает в мозговую ткань. К этому мозговые клетки тоже плохо приспособлены – те, которые оказываются в зоне кровотечения, погибают. Риск инфаркта головного мозга и кровоизлияния в мозг повышается по схожим причинам. Высокое давление, курение, лишний вес, недостаток физической активности, возраст и диабет – самые распространенные из них. На многие причины влияет и образ жизни людей. Параллельно со снижением общего количества инфарктов миокарда уменьшается и число инфарктов головного мозга. Парадокс, но в ближайшие годы

Норвегию ожидает рост количества инфарктов головного мозга, так как население страны стареет, а возраст является одним из важнейших факторов риска.



Есть два типа инсультов. Оба приводят к гибели клеток мозга в определенной зоне. На верхнем левом изображении показан перекрывающий артерию тромб. В результате та часть мозга, которую питает эта артерия, остается без кровоснабжения. Это приводит к инфаркту головного мозга (изображение вверху справа). Внизу слева изображена лопнувшая артерия, вызвавшая кровоизлияние в мозг. Оно приводит к гибели мозговых клеток в зоне кровоизлияния.

Симптомы инсульта, соответственно, вызваны гибелью клеток в результате инфаркта мозга или кровоизлияния в мозг. Они зависят от того, какой именно участок мозга поврежден. При инсультах в моторных отделах пациент испытывает трудности при движениях в той стороне тела, которой управляет затронутый участок мозга. При инсультах в зоне, отвечающей за речь или ее понимание, у пациента возникают проблемы с одной из перечисленных функций или с обеими сразу. При инсульте в зрительных отделах пациент полностью или частично теряет зрение – и так далее. Хотя механизм заболевания всегда один и тот же, симптомы могут быть очень разными.

Лечение

Экстренное лечение инсульта бывает очень разным и зависит от его причины. При кровоизлиянии в мозг остановка кровотечения эффективности не показала. Причина в том, что кровоизлияние случается очень быстро, зачастую за несколько минут или даже секунд. Важно не допускать повышения давления – иначе кровоизлияние начнется снова. Иногда пациента с острой фазой оперируют, чтобы убрать кровь. Но все-таки эту процедуру нельзя назвать стандартной, поскольку мозг поврежден и от того, убрали кровь или нет, уже практически ничего не зависит.

При инсульте важно как можно скорее убрать тромб, чтобы восстановить нормальное кровообращение и спасти как можно больший участок ткани головного мозга, пострадавшей от нехватки крови. Обычно в артерию вводится растворяющий тромб (тромболитический) препарат. Лекарство стимулирует приток крови, благодаря чему тромб растворяется. Чтобы лечение подействовало, помощь необходимо оказать как можно быстрее, самое позднее – через четыре с половиной часа после возникновения первых симптомов. Иногда тромб можно убрать механически. Пациенту вводят катетер через паховую артерию, и с его помощью вытягивают тромб[11].

Чтобы инсульт не повторился, медикам необходимо устранить факторы риска. Затем начинается кропотливая, но важная восстановительная работа, которую проводят в специальных отделениях больниц. Это стадия реабилитации. И вот как раз в это время на сцену выходит музыка.

Речевые нарушения

Нарушения речи после инсультов и черепно-мозговых травм бывают двух форм: *афазия* и *дизартрия*. При афазии страдает один или несколько аспектов речи или ее понимания. Пациент испытывает трудности или с пониманием, или с построением высказываний (в устной и/или письменной форме). Часто встречается сочетание обеих проблем. При дизартрии способность понимать и выстраивать высказывание сохраняется в норме, но пациент не может говорить. Причина – повреждения частей моторной коры мозга, управляющих мышцами гортани, нёба или языка, или же локальные повреждения областей, отвечающих за голову и горло. Пациент с дизартрией без афазии может понимать письменный язык и вполне привычным образом выражать свои мысли письменно, но не устно. Пациент с афазией испытывает трудности *как* с письменной, *так* и с устной речью. Если говорить проще, факты выглядят следующим образом. При афазии страдает способность формулировать высказывания, а при дизартрии – способность речевого аппарата произносить слова. Из практических и теоретических соображений очень важно провести границу между данными нарушениями.

Афазия после инсультов встречается очень часто. По данным, полученным в Дании, это нарушение встречается почти у 40 % перенесших инсульт. Французский невролог Поль Брока (1824–1880) первым системно описал пациентов с афазией и понял, что ее причиной являются повреждения в задней части лобной доли в левом полушарии – сейчас мы называем эту часть *зоной Брока*. Из-за них пациент испытывает различные трудности с построением высказываний. Зачастую он хорошо понимает речь, но сам частично или полностью теряет способность говорить. Это называется *экспрессивной афазией*: человек говорит медленно, короткими предложениями, запинается, иногда использует не те слова. Некоторые могут произнести лишь «да» и «нет» – или даже вовсе теряют способность выражать мысли словами. Вторая форма афазии называется *импрессивной*. В этом случае страдает понимание речи: иногда пациент говорит вполне бегло, но смысла его речь не имеет.

От песни – к речи

Этот невероятный, поражающий воображение феномен был известен больше сотни лет: отдельные пациенты, утратившие способность говорить, по-прежнему могут петь, имея текст песни перед глазами. Примеры есть в норвежском документальном фильме «Люди у

---

[11] В поврежденный сосуд через разрез вводят катетер с баллончиком-наконечником и под давлением выталкивают сгусток наружу. – *Прим. ред.*

фьорда» (Folk ved fjorden)[12] Эйвинда Сандберга. Мы видим страдающую афазией пожилую женщину с парализованной правой стороной тела. Беседуя с дочерью, она произносит только «да» и «нет», но, когда женщина начинает петь псалмы, ее речь становится ясной и четкой. Для одного из авторов книги, Гейра Ульве, это явление указало путь в мир музыкальной терапии. С Гейром связалась логопед, специалист по музыкальной терапии и прекрасная певица Торун Эйнбу, которая попросила его помочь с магистерской диссертацией по логопедии. Они вместе решили рассмотреть случаи, подобные тому, который описан выше. Для начала они изучили, насколько часто встречается это явление. Оказалось, что примеры могут привести все, кто работает с пациентами с афазией. Во время написания диссертации Торун выяснила, что минимум двое из трех пациентов с инсультом произносят больше слов, когда поют, а не просто проговаривают текст. Эффект не у всех проявляется одинаково ярко, но тем не менее его можно обнаружить довольно часто. К счастью, качество пения (то, насколько корректны мелодия и ритм) и вокальные способности не играют никакой роли в увеличении количества произнесенных слов. Достаточно было *попытаться* пропеть слова – и речь пациента становилась лучше, чем во время обычной беседы. Большинство пациентов с афазией могут произнести больше слов, именно когда поют, а не говорят. В повседневном общении явление не приносит особенной пользы, но, как мы увидим далее, оно все-таки используется для восстановления речевых функций.

Мелодическая интонационная терапия

Мелодическая интонационная терапия (МИТ) – это метод, использующий основанные на пении техники для стимуляции речи, а также ритм – для придания речи беглости. Отношение к методу неоднозначное, но за последнее время ряд исследований выявил, что пациенты с афазией, в работе с которыми применялась музыкальная и/или песенная терапия, демонстрировали лучшие результаты, чем те, кто проходил лишь традиционную речевую терапию. В 2018 году группа под руководством Аро-Мартинес провела рандомизированное контролируемое исследование (*рандомизированное* означает, что участников отнесли к той или иной группе случайным образом), в котором участвовали 20 пациентов с афазией, и все они были испанцами. При сравнении с контрольной группой было обнаружено общее улучшение коммуникативных способностей, но при проверке конкретных языковых навыков с помощью тестов однозначного эффекта выявлено не было. Однако группы были маленькими, поэтому результаты необходимо подтвердить с помощью более масштабного исследования.

Проведенные МРТ-исследования выявили, что образование *fasciculus arcuatus,* связывающее задние и передние речевые центры, увеличилось в объеме (особенно с правой стороны мозга) после занятий по методу МИТ. Хотя исследование под руководством Шлауга (2009) проводилось без контрольной группы, но его результаты – а также результаты ряда других исследований – однозначно подтверждают наличие пластических изменений в речевой системе мозга испытуемых, перенесших инсульт, который и привел к афазии. Эти изменения имели место, если в работе с пациентами применялась МИТ.

Тем не менее многочисленные случаи афазии, когда пациенты сохранили способность пропевать слова, а также положительный эффект от МИТ демонстрируют тесную связь коммуникации с музыкой в нашем мозге. Об этом мы уже упоминали.

[12] Фильм рассказывает о жителях западной Норвегии и их исчезающей культуре. В 2012 году он получил премию на Бергенском международном кинофестивале как лучший норвежский документальный фильм. – *Прим. ред.*

Музыка и когнитивные и эмоциональные проблемы

Последствия инсульта проявляются не только в речи и моторике. В принципе, в результате инсульта повреждения могут возникнуть в любой системе мозга. При этом все зависит от того, какие именно зоны пострадали от нехватки кислорода. От трети до половины пациентов, перенесших инсульт, в той или иной степени испытывают проблемы с такими когнитивными функциями, как память и внимание, а также чувствуют упадок сил, переживают депрессию и другие эмоциональные трудности. Как мы уже заметили, музыка тесно связана с системами мозга, отвечающими за когнитивные и эмоциональные функции, а потому, естественно, может применяться для решения подобных проблем.

Пионером в этой области является финская исследовательница Мари Терваниеми. Возглавляемая ею группа ученых в 2008 году опубликовала исследование в авторитетном журнале *Brain*. Пациенты, которые слушали любимую музыку (предварительно отобрав композиции вместе с музыкальным терапевтом) один час в день в течение первых двух месяцев после инсульта, демонстрировали более серьезное улучшение таких когнитивных навыков, как вербальная память и фокусировка внимания, – по сравнению с группой, где пациенты получали стандартное лечение, и еще одной группой тех, кто слушал аудиокниги. Пациентов протестировали еще раз через шесть месяцев и обнаружили, что эффект сохранился.

Значит, одно только прослушивание любимой музыки уже может помочь мозгу перестроиться и восстановиться во время периода реабилитации после инсульта. Чуть позже исследовательская группа Мари Терваниеми доказала, что прослушивание музыки после инсульта способствует увеличению коры головного мозга в лобных долях, в лимбической системе и в некоторых отделах базальных ганглиев. Изменения, которые хорошо видны на МРТ-снимках, коррелируют с улучшением вербальной памяти, внимания и языковых навыков (за которые отвечает фронтальная доля). В то же время изменения в лимбической системе (с работой которой связаны эмоции) коррелируют с уменьшением симптомов депрессии. Исходя из этого, можно утверждать, что музыка способствует нейропластическим изменениям, вызывающим у пациента улучшение когнитивных функций.

К сожалению, отсутствуют достаточно подробные клинические исследования, изучавшие воздействие музыки на когнитивные проблемы после инсульта. Системный обзор Cochrane (организация предоставляет обобщающие обзоры исследований из всех областей медицины) 2017 года выявил, что для проблем в когнитивной сфере эффект от применения музыки в терапии после инсульта не доказан. Лишь с помощью новых работ ученые, возможно, смогут ответить на вопрос, можно ли доказать этот эффект с помощью качественных исследований.

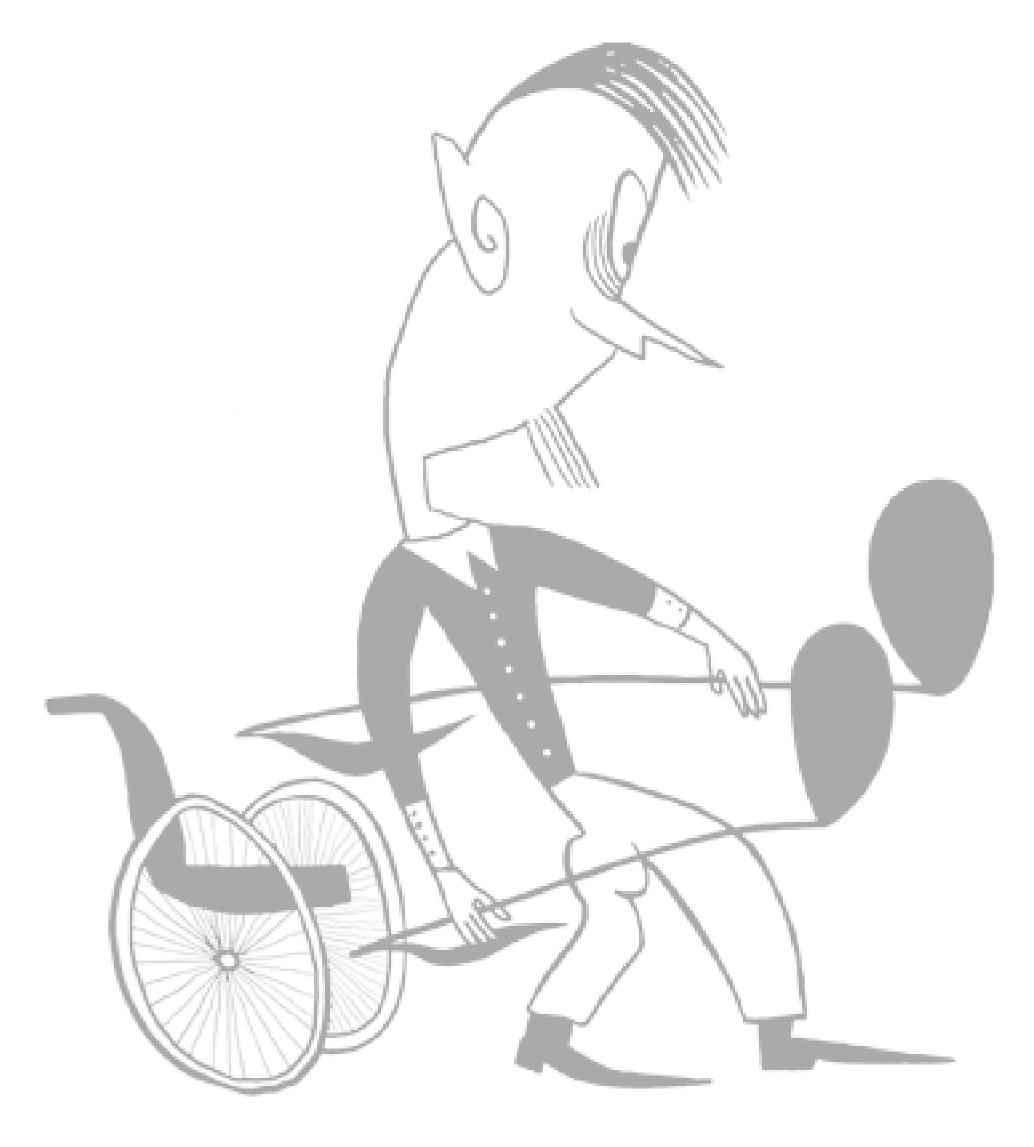
Музыка и двигательная активность

Различные трудности с выполнением движений в одной половине тела (односторонняя парализация, или *гемипарез*) – одно из наиболее часто встречающихся последствий инсульта, и его можно наблюдать примерно у 70 % пациентов. И для терапии в этой сфере все чаще используют музыку. Подробнее всего изучено влияние ритмичной музыки и звуковых стимулов на ходьбу. Большинство исследователей сосредоточились на разных видах ритмической слуховой стимуляции (*rhythmic auditory stimulation, RAS*). Принцип данного метода заключается в том, чтобы скоординировать движения тела и музыкальный ритм. Ведь человеческое тело, как мы говорили ранее, почти автоматически начинает двигаться в такт ритмичной музыке (отстукивать ритм ногами, хлопать в ладоши, кивать, покачиваться и так далее). Именно это свойство данная методика и использует.

Ходьба

Функция ходьбы развивалась и оттачивалась на протяжении миллионов лет, и в результате между контролем со стороны сознания и автоматическим движением установился оптимальный баланс. Без автоматизации движений мы совсем не могли бы ходить. Ходьба – это весьма сложное физиологическое явление, ведь даже маленький шаг по комнате требует обработки огромного объема данных, для которых в нашем ограниченном сознании просто нет места. В то же время ходьба требует и контроля со стороны сознания, в том числе для регулировки скорости, длины шага, а также для приспособления к различным условиям и ситуациям. А еще необходимы выверенные сокращения мышц ног, таза, спины и рук, когда нога делает шаг вперед и когда мы стоим на месте. Автоматизированными элементами ходьбы напрямую управляют спинной мозг, ствол головного мозга и мозжечок – в них находятся генераторы ритма, поддерживающие ровный и плавный ритм ходьбы. Вы и сами можете исследовать, как они работают. Подержите маленького ребенка вертикально над плоской поверхностью, и он начнет как бы идти, ритмично двигая ногами. Когда человек только осваивает ходьбу в процессе взросления, ее скорость контролируют центры в мозге, а затем ее поддерживают генераторы ритма.

При инсульте и одностороннем параличе одна или несколько функций отказывают. При этом, как правило, не страдает работа спинного мозга, ствола головного мозга и мозжечка, поскольку инсульт редко затрагивает эти области нервной системы.



Многие исследования показали, что у пациентов, которые перенесли инсульт, а затем прошли терапию RAS, лучше темп, длина шага, перенос веса с пятки на носок и равновесие, чем у тех, кто получал курс обычной физиотерапии. Если не учитывать баланс (так как ему посвящено не так уж много исследований), вышеупомянутый обзор Cochrane 2017 года указывает на то, что терапия RAS после инсульта положительно влияет на все вышеперечисленные параметры. Наибольший эффект наблюдается в тех случаях, когда лечение подобрано индивидуально и его проводит музыкальный терапевт, прошедший обучение.

Работа рук

Основанные на музыке терапевтические методы также демонстрируют многообещающие результаты, касающиеся улучшения работы рук. Для лечения пациентов применяются различные музыкально-терапевтические техники – от RAS до игры на инструменте пострадавшей рукой. Группа ученых под руководством Тонг (2016) распределила пациентов по группам случайным образом. Одну группу обучали игре на обычном фортепиано, а вторую – на фортепиано без звука. Группа, игравшая со звуком, показала значительно лучшие результаты во время проверки работы руки и кисти уже через четыре недели занятий. Это говорит о том, что музыка сама по себе является действенной частью этой терапии и важна не только тренировка пальцев во время нажатия на клавиши. Музыка оказывает самый разный эффект – от роста мотивации до стимуляции системы поощрения в мозге и образования дофамина, который в свою очередь стимулирует нейропластичность и способствует нормализации моторной деятельности.

Относительно новая и многообещающая техника – так называемая музыкальная терапия с методом сонификации. Наиболее значительные движения, совершаемые пациентом, во время данной терапии превращаются в звуки. Мозг получает информацию о движениях посредством звуков (или музыки), тем самым компенсируя отсутствие проприоцептивной обратной связи (информации от сенсоров в суставах, сухожилиях, коже и мышцах). Постепенно мозг учится прислушиваться и понимать, как именно двигается рука или нога. Группой ученых под руководством Шольца (2016) было проведено следующее исследование. Двадцать пять пациентов, перенесших инсульт, случайным образом распределили по двум группам. В первой применялась музыкальная терапия с методом сонификации, во второй – схожая терапия-плацебо, при которой музыка не начинала звучать вслед за движениями испытуемых. В результате у пациентов из первой группы были более заметны улучшения, касающиеся работы рук, чем у пациентов из второй. Значит, можно говорить о том, что обратная связь в музыкальной форме повышает эффект от терапии после инсульта. Однако проведенное исследование было не таким уж подробным, а его эффект – относительно небольшим, и требуются более масштабные исследования, чтобы точно выявить роль музыки в восстановлении работы рук после инсульта.

Музыка и психические расстройства

Психические расстройства отрицательно влияют на мысли и чувства, зачастую затрагивая поведение человека и его способность к общению. Самые распространенные – тревожное расстройство и депрессия. Кроме того, существуют такие заболевания, как биполярное расстройство и другие серьезные расстройства личности, а также шизофрения, нарушения пищевого поведения и фобии. Список этот очень длинный и охватывает множество заболеваний, которые различаются и по симптомам, и по степени тяжести. В их основе зачастую лежит несколько причин. Например, роль играют наследственность и окружающая среда.

Довольно часто разделяют психические *расстройства* и другие *нарушения* психического здоровья. Последние время от времени встречаются у большинства из нас – например, к ним можно отнести тяжелые мысли, подавленность или беспокойство. Такие легкие нарушения обычно обусловлены конкретной ситуацией, быстро проходят и редко ухудшают качество жизни. Но иногда симптомы становятся более выраженными и тяжелыми и сохраняются в течение продолжительного времени. Если эти состояния соответствуют установленным диагностическим критериям, то уже можно говорить о психическом расстройстве.

В Норвегии психические расстройства – самая частая причина проблем со здоровьем у детей и взрослых. Ежегодно их диагностируют у каждого пятого взрослого. Наиболее распространены тревожное расстройство, депрессия и употребление алкоголя (чаще встречается именно оно) или наркотиков. Каждый третий житель Норвегии хотя бы раз в жизни страдает тревожным расстройством, и как минимум у каждого четвертого возникает заболевание, подпадающее под критерии депрессии. В какой-то период жизни почти 6 % взрослого населения в возрасте до 75 лет принимают лекарства от депрессии (антидепрессанты).

Союз с историей

Музыка способна исцелить больной разум. Эта мысль была записана сразу, как только появился письменный язык. Примерно за 2000 лет до нашей эры ассирийцы описали применение музыки для борьбы со злыми духами. «Герметический корпус» – собрание текстов, датированное III веком нашей эры, – советует с помощью музыки контролировать страсть. Философ Платон считал, что музыка может исцелить присущую душе двойственность, а Аристотель утверждал, что музыка побеждает такие чувства, как «сострадание, страх и энтузиазм», и что мистическая музыка способна «исцелить и очистить душу». Религиозный, мистический аспект приписывался влиянию музыки на духовную жизнь человека вплоть до расцвета современной науки в XIX веке. Возможно, первым, кто изучил подобное влияние с научной точки зрения, был немецкий врач и физик Герман фон Гельмгольц (1821–1894). Он ставил эксперименты и изучал эффекты, которые оказывают на эмоции различные гармонии.

Музыка и тревожное расстройство

У тревожного расстройства есть множество форм. Общей для всех чертой является сильное чувство страха и дискомфорта, как правило, сопровождающееся потребностью избегать того явления, которое его вызвало.

Фобии

Фобия – это сильное чувство страха, имеющее особый пусковой механизм. Примеры фобий: боязнь высоты (акрофобия), открытых пространств (агорафобия), страх перед определенными живыми существами (например, пауками или змеями), страх перед некоторыми

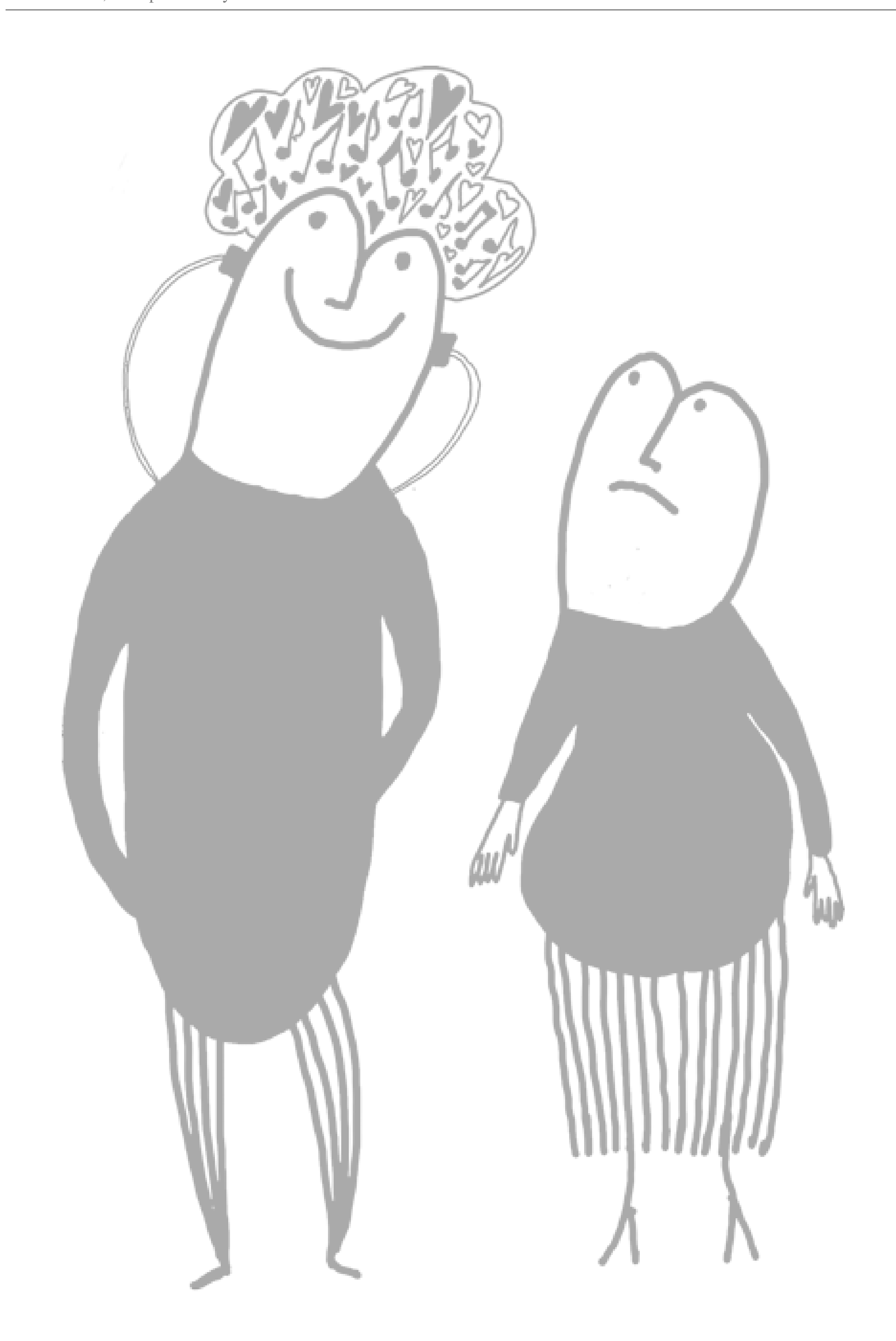
ситуациями социального взаимодействия (социофобия) и боязнь полетов (аэрофобия). Экспозиционная терапия, во время которой человек в контролируемых условиях сталкивается с тем, что вызывает у него страх, чтобы научиться его контролировать, эффективно лечит многие виды специфических фобий.

Наверное, самым известным в мире удачным примером избавления от фобии можно считать Маленького Ганса – музыканта, которого на самом деле звали Герберт Граф (1903–1973). В пятилетнем возрасте у него развилась сильнейшая фобия – боязнь лошадей, а в то время представить город без конных экипажей было невозможно. К тому же семья жила напротив большой станции, и со временем мальчик фактически превращался в инвалида. Отец Маленького Ганса переписывался с родоначальником психоанализа Зигмундом Фрейдом. В 1909 году Фрейд опубликовал знаменитую статью, в которой рассказал историю успешного исцеления Маленького Ганса с помощью психотерапии. Герберт полностью избавился от своих страхов, стал известным дирижером и гастролировал по всему миру.

Эффекту от воздействия музыки на фобии посвящено очень мало исследований. Во время одного из них с помощью экспозиционной терапии от страха перед пауками избавились 34 женщины. Половина из них во время терапии слушала любимую музыку. Эффект от лечения был одинаковым в обеих группах. Следовательно, прослушивание любимой музыки не оказало заметного влияния.

Панические атаки

Паническая атака – это страх, проявляющийся в виде приступов и часто сопровождаемый ярко выраженными реакциями тела, такими как повышенное потоотделение, затруднение дыхания, внезапное появление страха смерти или болей в груди. Приступы паники могут быть очень сильными, и многие разрабатывают методики, позволяющие их избежать. В 2013 году в Японии было проведено исследование: 46 пациентов, подверженных паническим атакам, ответили на вопрос, с помощью каких методов они избегают приступов. Лишь восемь опрошенных во время приступа начинали слушать музыку (в наушниках). Что интересно, эти люди поступали так, чтобы избежать дереализации – пугающего симптома, когда мир вдруг начинает казаться ненастоящим. Можно только рассуждать, помогает ли в таких случаях музыка сохранить связь с реальностью, так как, насколько нам известно, больше этот любопытный факт никто не исследовал.



Невроз навязчивых состояний

Невроз навязчивых состояний также называют *обсессивно-компульсивным расстройством*. Это состояние характеризуется наличием периодически возвращающихся к человеку

нежелательных мыслей и/или возникновением тяги к выполнению каких-то действий. Человеку кажется, что он просто *обязан* их совершить, иначе случится нечто плохое. Довольно часто люди боятся того, что что-то случится с их близкими, начнется пожар или с ними произойдет несчастный случай. Примеры навязчивых действий: человек не может наступать на швы между плитками на тротуаре или никак не может выйти из дома, потому что снова и снова проверяет лампы и выключатели, постоянно моет руки, считает до определенного числа или повторяет отрывок мелодии – снова и снова, снова и снова. Некоторые подобные действия так ярко выражены, что при их наличии с людьми почти невозможно нормально общаться или работать.

Причины возникновения заболевания неизвестны. Есть теория, согласно которой люди, имеющие тягу к совершению навязчивых действий, глубже остальных погружаются в попытки понять внутреннее устройство окружающих их событий, предметов и ситуаций, причем это происходит постоянно. Многие рассказывают о преследующем их ощущении, что «что-то не так», и невероятной потребности в совершении каких-либо действий. Такое чувство (которое по-английски называется not just right) отражает тенденцию к чрезмерно активной систематизации. У других людей этот процесс протекает автоматически и на бессознательном уровне. Во время исследования 2016 года рассматривался именно этот вопрос, при этом в эксперименте участвовала музыка. Были изучены гармонические ряды, восходящие к естественному завершающему аккорду, а испытуемые (21 мальчик с компульсиями и еще 29 мальчиков без них) находились в это время в аппарате для МРТ. Некоторые ряды завершал один неожиданный разрешающий кадансовый аккорд, а другие – другой, ко всему прочему дисгармоничный. У детей с обсессивно-компульсивным расстройством (в сравнении с детьми без него) наблюдалась более явная активация отделов мозга, отвечающих за анализ гармонического ожидания (главным образом зона Брока), а зоны, работающие в то время, когда гармоническое ожидание не оправдывалось (вторичная слуховая кора и премоторная кора головного мозга), активировались в меньшей степени. Это указывает на то, что дети с навязчивыми состояниями более активно и непрерывно анализируют схемы и структуры – в том числе и музыкальные.

Музыкальная обсессия

Музыкальная обсессия (*musical obsession*) – особая болезненная форма невроза навязчивых состояний, однако это явление время от времени настигает всех. Отрывок песни приклеивается к нам намертво, и мы повторяем его про себя снова и снова. Стандартная форма этого явления по-английски называется earworm[13]. По результатам исследований оно встречается у 98 % людей, при этом к нему больше склонны интересующиеся музыкой, а отрывки песен (чаще это именно отрывки) в среднем длятся от 15 секунд до полуминуты. Люди, страдающие от музыкальных обсессий, ловят подобных «червячков» столь часто и живут с ними столь длительное время, что иногда не в состоянии нормально вести беседу и делать много чего еще. Все потому, что отрывок мелодии постоянно крутится у них в голове, по большей части вытесняя все остальное. Такое заболевание встречается крайне редко. Исследование 2014 года обнаружило в научной литературе всего 96 задокументированных случаев тяжелой формы музыкальной обсессии, однако, вероятно, на самом деле таких случаев было гораздо больше.

В рассказе Артура Кларка «Абсолютная мелодия», написанном в 1957 году, идет речь о физиологе, изучающем связь между музыкой и мозговой активностью. Этот физиолог считал, что все популярные мелодии популярны именно потому, что тем или иным образом отражают естественный электрический ритм мозга. Он строит аппарат, который поможет создать «абсолютную мелодию», способную идеально воспроизводить этот ритм. В конце рассказа задуман-

[13] Ушной червячок (англ.).

ное ему удается. Однако аппарат не приносит изобретателю пользы: «абсолютная мелодия» обладает такой силой воздействия, что погружает его в состояние комы.

К счастью, маловероятно, что абсолютная мелодия действительно существует и имеет такую огромную власть над человеком. И все же у большинства популярных мелодий есть общие черты, отражающие основные функции мозга, как мы упоминали в главе «От тона – к тембру, мелодии и гармонии».

В 2015 году были опубликованы результаты исследования, в котором приняли участие 30 человек с неврозом навязчивых состояний. Оно продолжалось месяц. Все пациенты получали стандартное лечение – сочетание когнитивно-поведенческой психотерапии и медикаментов. Половина испытуемых, помимо всего перечисленного, прошла 12 сеансов музыкальной терапии. В группе, где применялась музыкальная терапия, случаев совершения навязчивых действий стало значительно меньше, чем во второй, а также снизился уровень вторичной тревоги и депрессии. Стоит отметить, что эксперимент был выстроен не очень грамотно, поскольку группа, не участвовавшая в сеансах музыкальной терапии, не получала никакого дополнительного лечения. Кроме того, исследование было не очень подробным и проводилось в короткие сроки. Однако согласно его результатам музыкальная терапия может быть эффективным дополнительным средством для лечения обсессивно-компульсивного расстройства. Но для подтверждения все-таки необходимы новые исследования.

Посттравматическое стрессовое расстройство

Посттравматическое стрессовое расстройство (*post traumatic stress disorder; ПТСР*) – продолжительная и тяжелая реакция на нестандартные впечатления, связанные со страхом или болью (такие, как война, серьезные несчастные случаи или насилие). Типичными симптомами являются флешбэки (повторно возникающие в сознании картины, мысли или кошмары), проблемы со сном, концентрацией и памятью, а также боли, тревожные расстройства и напряженность.

Многие исследования изучали эффективность музыкальной терапии при ПТСР. Датская группа ученых под руководством Болетты Даниельс Бек подвела их итоги в обзорной статье 2015 года. В целом музыкальная терапия уменьшает типичные для ПТСР симптомы, а также способствует социализации пациента. Однако стоит отметить, что проведенные в этой области исследования можно назвать весьма скромными. Во многих отсутствовали контрольные группы, а критерии включения и применяемые методы музыкальной терапии были очень разными. На момент написания данной книги в Дании проводилось крупное рандомизированное контролируемое исследование, взявшее в качестве испытуемых беженцев с ПТСР. Ученые исследовали эффект, оказываемый музыкальной терапией на симптомы заболевания. Надеемся, результаты исследования дадут основания делать более оптимистичные выводы.

Тревога перед проведением медицинских процедур

Тревога, вызванная необходимостью проведения медицинских процедур и операций, не является диагнозом, поскольку определенная доля волнения перед ними считается нормой. Однако она приносит дискомфорт весьма значительному числу пациентов. Тревога – причина роста использования успокоительных в больницах. Как показал ряд исследований, пассивное прослушивание музыки сокращает потребление пациентами успокоительных лекарств, поскольку снижает уровень тревоги. Такой же вывод был сделан в обзоре Cochrane 2013 года. Другие крупные обзоры Cochrane также зафиксировали, что прослушивание музыки уменьшает тревогу у пациентов с инфарктом, у раковых больных и у людей, находящихся на аппарате искусственной вентиляции легких (у большинства из них невозможность самостоятельно дышать вызывает сильный страх). Эффект подтвержден исследованиями и важен тем, что поз-

воляет сократить потребление успокоительных с помощью музыки – простого, легкодоступного и почти бесплатного средства, к тому же не вызывающего ни у кого побочных эффектов. Благодаря сокращению потребления медикаментов у пациентов уменьшается количество побочных эффектов, риск развития привыкания и употребления слишком большой дозы, ускоряется процесс выздоровления и снижается вероятность вступления одних необходимых препаратов в реакцию с другими. Однако при возникновении подобных состояний у пациентов музыку на регулярной основе используют далеко не все больницы.

Музыка и депрессия

У абсолютного большинства людей бывают периоды грусти и уныния – и это нормально. Депрессия же – болезненное состояние, при котором чувство грусти и плохое настроение преследуют человека на протяжении длительного периода времени и настолько выражены, что затрагивают важные функции, такие как сон, аппетит, социальное взаимодействие, способность работать и проявлять инициативу.

Депрессия – одно из самых распространенных психических расстройств. В тот или иной период жизни с ней сталкиваются 20–30 % населения. Причин ее возникновения много. Свою роль играет генетическая предрасположенность (наследственность), особенно при очень глубоких и серьезных формах заболевания, а также трудная жизненная ситуация (бедность, серьезные болезни, длительное воздействие стресса или семейные проблемы) и гормональные изменения, возникающие вследствие наступления переходного возраста или эндокринных заболеваний. У многих к депрессии приводит сочетание нескольких причин. Иногда имеет место генетическая или социальная уязвимость перед депрессией, и в этом случае ее вызывает какое-то тяжелое жизненное событие.

Симптомы депрессии могут быть очень разными. У большинства (однако не у всех) главным признаком заболевания являются долгие периоды уныния, когда то, что раньше приносило радость, уже ее не приносит и не вызывает интереса (это называется *ангедония*). Проблемы со сном (они бывают разными – иногда пациент спит больше, иногда меньше обычного), беспокойство, тревожность, раздражительность/агрессия, снижение концентрации и внимания, появление чувства неполноценности, изменение аппетита (он может как повышаться, так и снижаться), потеря способности к принятию решений, снижение сексуального желания – все это различные проявления депрессии. Их степень также бывает разной – все зависит от серьезности самого заболевания.

Большинство из нас на собственном опыте знают, как музыка влияет на эмоции. После эмоционально тяжелого дня многие поднимают себе настроение с помощью музыки. В фильмах, телепередачах и театральных представлениях музыку сознательно используют для воздействия на эмоциональное состояние зрителя. Во всем мире музыка звучит во время ритуалов (таких, как свадьба и похороны), чтобы их участники погрузились в общее состояние радости или печали. Все эти вопросы мы уже не раз затрагивали в этой книге. Как мы уже говорили, музыка эффективно влияет на выработку гормонов счастья – дофамина и серотонина. Все это говорит о том, что музыка может быть эффективным средством для лечения такого состояния, как депрессия, ведь важнейшими симптомами этого заболевания являются именно падение настроения и нехватка радости (ангедония).

Одновременно нужно помнить, что все вышеперечисленное актуально для состояния нормы, когда музыка приносит радость и отодвигает негативные мысли. Депрессия же – это не состояние нормы. Это болезнь, во время которой мозг получает и интерпретирует ощущения не так, как обычно. Чтобы понять, насколько музыка эффективна для лечения депрессии, необходимо проверить это на практике и провести научные исследования. И их было великое множество.

Читатель, добравшийся до последних глав книги, может услышать своего рода эхо: имеющиеся исследования проведены на малом количестве испытуемых, были кратковременными и имели большие методологические проблемы. В двух крупных обзорных статьях от Cochrane, опубликованных в 2008 и 2017 годах, сделаны те же выводы относительно эффективности музыкальной терапии при депрессии. В 2017 году в обзор включили девять новых исследований. Всего в них принял участие 421 человек. Добавленная к стандартному лечению, в большинстве исследований сочетавшему сеансы психотерапии и антидепрессанты, музыкальная терапия оказывала кратковременный положительный эффект на симптомы депрессии, степень тревожности и общее качество жизни. Однако ни одно из проведенных исследований не выявило, насколько продолжителен этот эффект и какие техники музыкальной терапии наиболее эффективны.



Самое интересное и выстроенное лучше других исследование было проведено в Финляндии. Его результаты опубликованы в 2011 году. Семьдесят девять взрослых людей с диагнозом «депрессия» случайным образом разделили на две группы. Первая получала только стандартное лечение (сочетающее психотерапию и медикаменты), вторая вдобавок к лечению три месяца дважды в неделю посещала индивидуальные сеансы музыкальной терапии. У группы, проходившей сеансы музыкальной терапии, через три месяца после завершения эксперимента эффект от лечения оказался значительно лучше, если оценивать симптомы депрессии, тревожность и общее качество жизни.

Депрессия – одно из наиболее часто встречающихся психических расстройств, и оно затрагивает и самого пациента, и его близких, и общество. Как можно заметить, существует множество теоретических оснований полагать, что музыкальная терапия эффективна при лечении депрессии. Есть исследования, описывающие положительный эффект, который оказывает музыка, но лишь немногие из них изучали масштаб и продолжительность этого эффекта на практике. Разумеется, необходимо и дальше изучать эффективность музыкальной терапии при депрессии.

Музыка и биполярное расстройство

Биполярное расстройство характеризуют значительные и многократные колебания настроения, запаса сил и поведения. Люди с биполярным расстройством обычно нестабильны: у них бывают периоды депрессии и падения настроения, а также периоды высокой активности и приподнятого настроения. В промежутках между ними настроение пациента может и не отклоняться от нормы. Степень серьезности расстройства тоже бывает разной. Приподнятость настроения может быть весьма ощутимой, но не создавать серьезных проблем в повседневной жизни (гипомания, как при биполярном расстройстве II типа). Но порой человек может вовсе потерять представления о критике и об ответственности (в случае мании, как при биполярном расстройстве I типа).

В истории музыки самый известный случай – биполярное расстройство Роберта Шумана (1810–1856), хотя есть мнение, что причинами болезненного состояния музыканта были сифилис и отравление свинцом. Много лет Шуман страдал от сильных перепадов настроения. В фазе мании/гипомании, когда у него повышался уровень креативности и снижалась потребность во сне, он активно писал музыку и проводил много времени за инструментом. Однако вскоре эта фаза сменялась фазой невероятной грусти, и у Шумана падал уровень концентрации, возникали проблемы со сном, появлялось чувство вины и стремление к саморазрушению. В 1854 году все закончилось попыткой самоубийства – в результате музыканта поместили в психиатрическую лечебницу, где он умер два года спустя. Ему было всего 46 лет.

Истории жизни Шумана и других людей искусства со схожими заболеваниями вызывают дискуссии – есть ли связь между музыкой и биполярным расстройством? В 2018 году британцы провели исследование, в котором участвовали 102 музыканта, представляющие различные жанры и стили. Выяснилось, что у 14 % из них имеются симптомы биполярного расстройства, что в четыре раза превышает средние показатели по населению. Схожие исследования выявили подобные связи между биполярностью и креативными способностями у представителей других творческих профессий, однако точных числовых данных нет. Но можно с уверенностью сказать одно: если связь действительно есть, то не только у музыкантов.



Но между биполярностью и музыкой, вероятно, есть и другая связь. В 2013 году ученые сравнили 50 людей с биполярным расстройством с контрольной группой, в которой также

было 50 человек, и изучили склонность к формированию зависимости. Люди с биполярным расстройством гораздо чаще сообщали о наличии зависимости от музыки – и от курения (!), – но не от алкоголя и наркотических веществ. При этом другие исследования показали, что при биполярном расстройстве громкая музыка вызывает эпизоды мании, но не депрессии. Итак, между биполярным расстройством и музыкой действительно есть связь, но подробно она еще не изучена. Насколько нам известно, эффективность музыки при *лечении* биполярного расстройства не исследовалась.

Музыка и психозы

Психоз характеризует искажение реальности – в сознании пациента стирается граница между реальным и воображаемым миром, а потому ему сложно отличить собственный внутренний мир от общего внешнего. Страдающего данным заболеванием преследуют галлюцинации (зрительные или слуховые), у него искажаются представления о воздействии извне и о собственном теле (человеку кажется, что кто-то крадет его мысли, внедряет ему что-то в голову или влияет еще каким-то образом). Больной может считать, что за ним следят, что он избранный и так далее, – все это стандартные признаки психоза. Внешне может казаться, что больной не склонен к проявлению чувств и замкнут. Зачастую заболевание сопровождается повышенной тревожностью или депрессией.

К психозу приводят многие заболевания. Шизофрения (см. ниже) – одно из самых типичных. Серьезные формы депрессии, а также биполярное расстройство порой влекут за собой эпизоды психоза. Встречаются и чистые формы, например параноидальный психоз. Иногда к психозу приводит органическое состояние, например делирий («острое безумие»), прием наркотических средств или длительное употребление алкоголя.

Шизофрения – это психическое заболевание, для которого характерны изменения в образе мышления, ощущениях и способах регуляции эмоций, а также отстраненность от других людей. Симптомы могут меняться, и у больного периодически наступают периоды психоза. Шизофрения – самое распространенное заболевание среди пациентов психиатрических отделений больниц Норвегии, и в отдельные периоды жизни им страдает около 1 % населения. Примерно у четверти имеющих этот диагноз в течение всей жизни бывает всего один острый период, примерно у половины – больше, но с последующим выздоровлением, однако у оставшейся четверти пациентов болезнь сохраняется на всю жизнь.

В целом ряде исследований изучался эффект от использования музыкальной терапии при психических заболеваниях, в том числе шизофрении. В Норвегии национальная директива по выявлению, лечению и наблюдению за пациентами с психическими заболеваниями рекомендует музыкальную терапию с высшим уровнем доказательности (A, 1a). На это есть ряд обоснований. Системный обзор и метаанализ 2009 года, выполненные группой ученых под руководством Кристиана Голда, выявили, например, что музыкальная терапия, использованная в качестве дополнения к стандартной, благоприятно воздействовала на общие симптомы, негативную симптоматику, депрессию и тревожность у пациентов с серьезными психическими заболеваниями – с психозом и без. В актуальном обзоре Cochrane, рассматривающем эффект от музыкальной терапии при шизофрении, имеется 18 исследований на эту тему – всего в них приняли участие 1215 человек. Вывод: музыкальная терапия как дополнение к стандартному лечению пациентов с шизофренией улучшает общую картину заболевания и качество жизни, а также способствует социализации. В целом качество исследований недостаточно высокое, так как не хватает работ касательно использования музыкальной терапии разного типа, с разным количеством занятий и продолжительностью курса терапии. В вышеупомянутой работе Голда и его коллег 2009 года говорилось именно об этом. Была выявлена следующая связь: небольшой эффект наступал после трех – десяти активных сеансов, более значительный эффект может

наступить после того, как пациент прошел от 16 до 50 сеансов. Но и в этой области необходимы более подробные исследования.

Исследование, проведенное в 2018 году в Японии, возможно, позволит нам понять, какие именно отделы мозга больных шизофренией активируются при музыкальной терапии. Группа ученых под руководством Хэ и Янга случайным образом разделила 36 пациентов с шизофренией на две группы. Одна группа получала стандартное лечение, вторая в дополнение к нему слушала Сонату ре мажор для двух фортепиано (K. 448) Моцарта по полчаса в день в течение месяца. (Да, то самое произведение, благодаря которому появился миф об эффекте Моцарта, который мы постарались развенчать в главе «Эффект музыки».) Кроме того, исследователи привлекли абсолютно здоровых добровольцев в качестве контрольной группы. Все участники эксперимента трижды прошли фМРТ-исследование: в самом начале, через месяц и через полгода. Стоит отметить два любопытных факта. Первый касается части мозга под названием «островок». Он находится в глубине мозга, в нижней его части, и, судя по всему, важен для работы сознания и эмоционального регулирования. У людей с шизофренией, если сравнивать их со здоровыми людьми, в островке были обнаружены и функциональные, и структурные изменения. Это относится и к тем, кто принимал участие в описанном выше исследовании. Группа, слушавшая музыку каждый день, функционально значительно улучшила связь между островком и остальными частями мозга (их совместную деятельность), в отличие от группы пациентов с шизофренией, не слушавшей музыку. Еще одно открытие касалось средней височной извилины – области, анатомически близкой к тем, что расположены в височной доле и отвечают за анализ речи и музыки. Также эта область важна для узнавания лиц и визуального анализа, однако на данный момент изучены еще не все ее функции. У пациентов с шизофренией зафиксирована аномально низкая функциональная связь с этой областью мозга, а у слушавших музыку испытуемых она почти нормализовалась.

К сожалению, во время контрольного фМРТ-исследования через полгода обнаружилось, что вся положительная динамика сошла на нет. Но необходимо отметить, что это было всего лишь отдельное исследование, к тому же проведенное с участием небольшой группы пациентов. Несмотря на это, нет оснований предполагать, что подобные изменения возможны только благодаря произведениям Моцарта (как описано в главе «Эффект музыки»), – вероятнее всего, такой эффект может вызвать любая музыка. И только новые исследования могут показать, вызывает ли музыка подобные специфические изменения при серьезных психических расстройствах.

Музыка и болевые синдромы

Боль, в отличие от всех прочих ощущений, мы, за редким исключением, воспринимаем как нечто неприятное. Ее вызывают самые разные стимулы – например, удар какой-то частью тела, рана на коже или в других тканях, повышение температуры или химическое воздействие. Вне зависимости от причины ощущения обычно такие сильные, что мы воспринимаем боль именно как повреждение тела, поэтому подсознательно связываем ее с травмой и опасностью. Вот почему у нас автоматически возникает желание защитить часть тела, подвергшуюся воздействию болевого стимула.

Субъективность боли

Восприятие боли во многом зависит от индивидуальных особенностей. Доказано, что разные люди – и даже один и тот же человек в разных ситуациях – воспринимают одинаковые болевые стимулы очень по-разному. Болевое ощущение зависит от многих вещей: от типа и силы стимулов, от индивидуальных, обусловленных генетикой физиологических реакций на них, а также от психического состояния, окружающей обстановки и имеющегося опыта. Поэтому болевое ощущение – это невероятно сложное явление, которое к тому же каждый из нас воспринимает индивидуально. Соответственно, боль нельзя объективно измерить с помощью какого-нибудь прибора. У нас есть возможность измерить то, что вызывает боль (например, температуру), и некоторые физиологические реакции на нее (повышение пульса, кожные реакции и так далее), но само болевое ощущение способен описать лишь конкретный человек – например, поставив крестик на шкале от «Боли нет» до «Невыносимая боль».

Неотключаемая сигнализация

Боль предупреждает нас о возможном повреждении тканей. Поэтому она обладает важной с точки зрения физиологии функцией. Благодаря боли мы избегаем серьезных травм – например, убираем руку с горячей плиты или двигаемся на сиденье, если нам в кожу впивается гвоздь. Следовательно, боль как феномен существует для того, чтобы защитить нас и увеличить наши шансы на выживание. Существуют люди – хотя их очень немного, – которые из-за наследственной мутации не способны чувствовать боль. Они живут в постоянном риске нанести себе серьезные травмы, даже не заметив этого.

Итак, у острой боли есть абсолютно четкая функция. Хроническая боль с точки зрения физиологии совершенно бесполезна, ведь опасности повреждения тканей нет. Однако тело постоянно находится в состоянии боевой готовности, не имея возможности выключить сигнал тревоги. К тому же хроническая боль имеет значительные последствия для психики. Жизнь с хронической болью можно сравнить с жизнью в доме, где день и ночь воет пожарная сигнализация – при этом пожара нет, но выключить сигнализацию невозможно.

Долгая история о музыке и боли

В больницах музыку уже давно применяют для облегчения боли и снятия тревожности. Флоренс Найтингейл использовала музыку как лекарство для страдающих от боли. В книге «Записки об уходе»[14] (1860) она пишет о том, что наилучший эффект оказывают музыкальные инструменты с долгими тонами. Долгие тоны звучат протяженно, поскольку музыкант равно-

---

[14] Найтингейл Ф. Записки об уходе. – М.: Русский врач, 2002.

мерно прикладывает силу, например ведет смычком по струне или играет на духовом инструменте. Эти инструменты, а также пение работают гораздо лучше фортепиано, поскольку его прерывистые тоны могут навредить больному. Резкие тоны – у тех инструментов, тоны которых рождаются от удара, а затем угасают, поскольку музыкант прикладывает силу однократно.



Музыку используют во время операций для облегчения боли с 1914 года, когда знаменитый американский хирург Эван Кейн принес в операционную фонограф, пытаясь успокоить

пациента и уменьшить его чувство дискомфорта. Кейн также знаменит тем, что первым произвел операцию по удалению собственной слепой кишки. Тогда ему было уже шестьдесят, а в возрасте 70 лет он прооперировал себе паховую грыжу! Со времен Кейна музыка была для врачей всего мира надежным спутником во время множества операций. И не всегда смысл ее звучания был в том, чтобы успокоить пациента, – иногда поддержка нужна и хирургу.

Очень многие исследования изучали эффект, который пассивное прослушивание музыки оказывает на дискомфорт и тревогу *перед* операцией, а также на различные виды боли после операции. Крупный обзор от Cochrane 2013 года собрал 26 подобных исследований и данные более 2000 пациентов. Было обнаружено, что прослушивание музыки перед операцией положительно сказывается на уровне тревожности. Согласно данным одного обширного исследования, ее воздействие более эффективно, чем у *мидазолама*, препарата, оказывающего анестезирующее и седативное действие. Так что и Найтингейл, и Кейн были абсолютно правы, предполагая положительное влияние музыки, хотя вышеупомянутые теории о негативных эффектах еще не подтверждены.

Индивидуальный феномен

Музыка влияет на болевые ощущения благодаря множеству различных механизмов. Бывает, что она просто отвлекает пациента, переключая его внимание с болевого ощущения, а иногда воздействует более прямым образом – дарит конкурирующее с болью ощущение комфорта, будит приятные воспоминания или помогает расслабиться. Нет единого мнения касательно того, приглушает ли музыка боль, воздействуя на поясную кору мозга – часть лимбической системы, связывающую аффект, боль и когнитивные функции. Различные исследования, в том числе эксперимент, проведенный группой под руководством Салимпур (2011), показали, что прослушивание приятной для испытуемых музыки стимулирует выработку дофамина в мозге (в том числе в прилежащем ядре), а дофамин сам по себе оказывает болеутоляющий эффект. В 2009 году группа ученых под руководством Роя доказала: та музыка, которую мы считаем приятной (консонансная, то есть ее тоны имеют много общих обертонов), приглушает болевые ощущения, а неприятная (диссонансная, с малым количеством совпадающих обертонов) усиливает их. Есть основания утверждать, что дискомфорт, связанный с музыкой, и дискомфорт, связанный с болью, во многом работают благодаря одним и тем же сигналам. Упрощенно их можно назвать «система дискомфорта».

Но на болевые ощущения влияет не только тип музыки. Важно также то, знакома эта музыка пациенту или нет. Многие исследования (и написанная по их итогам большая обзорная статья в журнале *Pain Physician,* 2017) подтверждают, что музыка, которую выбрали сами пациенты, оказывает на них более благоприятное воздействие, чем та, которую выбрал для них кто-то другой. Таким образом, болеутоляющий эффект, который оказывает на нас музыка, – настолько же сложное и субъективное явление, зависящее от личных качеств, как и сама боль.

Количественные исследования

Тем не менее эффект, который оказывает на нас музыка, можно измерить с помощью подробных количественных исследований. Именно это сделала в 2015 году группа под руководством Дженни Хол, когда провела метаанализ. В его ходе были проанализированы целых 73 выбранных случайным образом контролируемых исследования. Сравнивалось воздействие музыки (во всех формах) и стандартного лечения до, во время или после операций. Вывод оказался таков: музыка уменьшает боль и тревожность в послеоперационный период (как мы уже обсудили выше). Что удивительно, даже если пациент находится под наркозом, эффект от музыки все равно есть (хотя он и ниже по сравнению с ситуацией, когда пациент бодрствует). Музыка способна уменьшить боль не только во время операций, но и во время других медицинских процедур.

Эндоскопии – это медицинские исследования, позволяющие заглянуть внутрь тела с помощью особых инструментов. Инструменты вводят в такие полости, как прямая кишка или половое отверстие. Процедура исследования весьма неприятна. В 2014 году был проведен метаанализ 21 рандомизированного контролируемого исследования, в которых приняли участие более 2000 пациентов, которым было необходимо пройти эндоскопию. Во время исследований музыка снизила болевые ощущения и давление (при дискомфорте оно часто повышается), тем самым улучшив общее самочувствие пациентов. Чжин Хен Ли, автор еще одного крупного метаанализа, рассмотрела 97 выбранных случайным образом контролируемых исследований на тему музыки и боли, проведенных с 1995 по 2007 год. В них музыка оказала значимое воздействие не только на болевое ощущение, но и на косвенные показатели, свидетельствующие о том, что человек испытывает боль, – давление, частоту сердечных сокращений и частоту дыхания.

В 2018 году в *British Journal of Surgery* был опубликован еще более крупный метаанализ, рассматривавший выбранные случайным образом контролируемые исследования, в которых в сумме приняли участие более 7000 пациентов. Ученые уверенно говорят о том, что музыка оказывает на боль выраженное воздействие. Что интересно, связи между возрастом, полом пациента, типом музыки и степенью уменьшения боли не обнаружено. И также можно говорить о том, что музыка оказывает болеутоляющее действие, даже когда пациент находится под наркозом.

Хроническая боль

Согласно данным Института здравоохранения Норвегии, хронические боли есть примерно у 30 % взрослого населения. Именно по этой причине люди чаще всего берут больничный или становятся нетрудоспособными. Чаще от хронических болей страдают женщины. Кроме того, от них больше страдают люди в возрасте. Другими словами, эффективное лечение хронической боли принесло бы нам немало пользы. Поможет ли в этом музыка?

Да, многое говорит о том, что людям, страдающим от хронической боли, пойдет на пользу даже незначительный эффект. Музыка – недорогое средство (в отличие от других видов лечения боли), у которого нет побочных эффектов (чем сильно отличается от многих болеутоляющих), оно всегда вызывает у пациента положительные эмоции (а их часто не хватает), но не вызывает привыкания. Разумеется, последнее утверждение весьма спорное, но если музыка вызывает зависимость, то скорее в положительном смысле (в отличие от вызывающих привыкание болеутоляющих – зависимость от них исключительно негативная).

Механизмы, благодаря которым музыка оказывает воздействие на хроническую боль, вероятно, в основном те же самые, что и в случае с острой болью. Мы говорили о них чуть ранее. Речь идет о *распределении эффекта по нисходящей*: музыка воздействует на высшие центры, через них приглушая боль. Если это так, то вполне можно объяснить, почему для болеутоляющего эффекта жанр музыки менее важен, чем личные музыкальные предпочтения. В ходе метаанализа, результаты которого были опубликованы в 2017 году в журнале *Pain Physician,* изучался именно этот вопрос. Отправной точкой для него послужили 14 выбранных случайных образом контролируемых исследований, изучавших влияние музыки на разные типы боли. Что неудивительно, исследования были очень разными, а выводы – неоднозначными. В исследованиях использовались произведения огромного количества жанров – от шведских народных песен до поп-композиций и буддистских песнопений. Во всех исследованиях, за исключением одного, испытуемые просто слушали музыку. Согласно результатам всех исследований, музыка влияет на болевое ощущение. И снова музыкальные произведения, которые пациенты выбрали самостоятельно, оказывали *больший* эффект, чем те, которые выбрал для них кто-то другой.

Хроническая боль представляет собой проблему для больных раком. В их случае также имеют место и другие негативные симптомы – например, депрессия, тревожность, *упадок сил* и низкое качество жизни. В ряде исследований изучалось воздействие различных методик музыкальной терапии, а также пассивного прослушивания музыки на самочувствие раковых больных. Многие из них обобщил обзор Cochrane 2016 года. Хотя исследования были очень разными, выяснилось, что наибольший эффект музыка оказывает все-таки на болевые синдромы. Однако также она воздействует положительно на уровень тревожности, упадок сил и качество жизни пациентов в целом. Отдельные исследования зафиксировали снижение употребления болеутоляющих средств, сокращение срока пребывания пациента в больнице и времени реабилитации, однако эти результаты нельзя назвать точными. Что интересно, метаанализ не выявил различий между исследованиями, где использовались активные виды музыкальной терапии, и теми, во время которых испытуемые просто пассивно слушали музыку. Ученые обнаружили лишь одно исключение: активная музыкальная терапия, в отличие от пассивного прослушивания, слабо, но все же влияла на качество жизни в целом.

Итак, есть основания утверждать, что музыка оказывает благоприятное воздействие и при острой, и при хронической боли. Но, к сожалению, многие исследования, имеющиеся на эту тему, не такие подробные. Кроме того, они сильно различаются по типу используемых методик, видам боли и измеренным показателям. Поэтому сравнивать их сложно. Есть все основания использовать выявленные положительные свойства в сфере здравоохранения и систематически использовать музыку для облегчения хронической боли – не в последнюю очередь потому, что традиционные методы зачастую с ней просто не справляются. Необходимо активнее применять музыку в работе с хронической болью, тогда аргументировать ее пользу станет проще, ведь появится больше крупных и качественных исследований того, какие методы музыкальной терапии лучше подходят каждой из групп пациентов.

Музыка, деменция и болезнь Паркинсона

Деменция и болезнь Паркинсона – два самых типичных представителя группы *дегенеративных заболеваний мозга*, поражающих главным образом мозговые клетки (нейроны) и приводящих к их *дегенерации*. То есть клетки медленно погибают или же утрачивают свои функции. Общей чертой всех подобных заболеваний является тот факт, что болезнь долгие годы прогрессирует в мозге, внешне не проявляя никаких симптомов. Но при этом симптомы, которые однажды появились, постепенно усугубляются – также в течение многих лет. Есть и еще кое-что общее: фактором риска является возраст. Чем старше человек, тем выше вероятность развития дегенеративных заболеваний мозга.

Последнее важно упомянуть в контексте музыки. Как мы уже говорили, выполнение многих сложных задач протекает в нейронных сетях, охватывающих значительные участки мозга. Чем больше у сети элементов и связей, тем она сложнее и тем лучше сопротивляется воздействию дегенеративного заболевания. Проще говоря, сложная сеть лучше выдержит прекращение работы большого количества элементов и связей. Как мы уже очень давно установили, благодаря музыке усложняется структура мозга и, вероятно, повышается его устойчивость к различным негативным явлениям.

Следовательно, музыка способна противостоять болезни как минимум двумя способами: она улучшает состояние пациента, уменьшая дегенеративный эффект (и мозг поддерживает функциональный уровень в течение долгого времени), а кроме того, помогает человеку еще *до* начала болезни, если не предотвращая ее, то по крайней мере откладывая момент появления симптомов.

Вероятность развития дегенеративных заболеваний резко увеличивается с возрастом. Если получится отсрочить начало болезни в среднем хотя бы на несколько лет, то мы сэкономим немало социально-экономических ресурсов, да и сами пациенты тоже выиграют. И в этом нам поможет музыка.

Музыка и болезнь Паркинсона

Среди дегенеративных заболеваний болезнь Паркинсона занимает второе место по распространенности (на первом месте деменция). Она очень редко встречается у людей младше сорока, но с возрастом процент людей, имеющих такой диагноз, увеличивается. В Норвегии от этой болезни страдает около 8000 человек.

Как и при других дегенеративных заболеваниях, симптомы болезни Паркинсона проявляются медленно, и зачастую окружающие замечают их гораздо раньше, чем сам пациент. Постепенно движения становятся более скованными, больной начинает сутулиться, шаркать, перестает помогать себе при ходьбе руками. Зачастую симптомы болезни сначала проявляются в одной половине тела, а затем медленно охватывают все большие области. Одновременно мимика лица теряет живость и постепенно угасает, в то время как голос больного становится все тише, а речь – все более нечеткой и монотонной.

Причина всех перечисленных симптомов кроется в стволе головного мозга: в *черной субстанции* постепенно погибают вырабатывающие *дофамин* клетки. Дофамин важен для работы *базальных ганглиев* – части мозга, играющей главную роль в регуляции контролируемых волей движений. В большинстве случаев мы не знаем причину гибели клеток. Но у заболевания есть редкие генетические формы, которые, возможно, передаются по наследству. Вне зависимости от причин заболевания без лечения оно неуклонно прогрессирует, уровень дофамина снижается, движения больного постепенно становятся все более скованными, и со временем он теряет способность передвигаться.

К счастью, существует эффективный метод лечения болезни Паркинсона – по крайней мере на ранних стадиях. Целый ряд медикаментов, увеличивающих объем дофамина в базальных ганглиях, способен в первые годы обеспечить плавность движений пациента. Но постепенно эффективность лекарств снижается. Необходимо увеличивать дозу, но в результате усиливаются и побочные эффекты. В некоторых случаях пациентам назначают препараты в виде суспензии, которые подаются в кишечник посредством помпы. Иногда в мозг помещают электроды, стимулирующие базальные ганглии (это так называемая *глубокая стимуляция мозга*), – на ранних стадиях заболевания метод дает очень хороший результат.

Храбро идти вперед

Многие люди, страдающие болезнью Паркинсона, сами осознают, что музыка облегчает симптомы. У обоих авторов книги есть такие пациенты. Например, в поликлинику обратилась пожилая женщина с серьезными проблемами двигательного характера. И вдруг она начала петь: «Jeg vandrer med freidig mot»[15] и промаршировала к кушетке в такт песне. Позже выяснилось, что у нее болезнь Паркинсона. Другой пациент почти не мог ходить, но прекрасно танцевал под музыку. Третий также передвигался с трудом, но каждый день устраивал пробежку недалеко от дома, пока пел в подходящем для бега темпе песню «Pål sine høner»[16] – ритм песни заставлял его ноги двигаться. И приведенные авторами примеры не уникальны – тот факт, что пациентам с болезнью Паркинсона легче двигаться под ритмичную музыку, известен давно. Печально, но, когда выключается музыка и заканчивается песня, эффект тоже исчезает. Или нет?

Множество исследований показало, что в сравнении со стандартным лечением занятия танцами улучшают равновесие и темп ходьбы, увеличивают длину шага. Эффект сохраняется – во всяком случае если курс занятий достаточно продолжительный. Во многих исследованиях пациенты проходили 12-недельную терапию, которая в итоге оказала довольно продолжительное влияние на способность держать равновесие – вплоть до нескольких месяцев после окончания занятий. Исследование группы под руководством Макнили выявило, что танго более эффективно, чем специализированная программа, включавшая в себя разные методики. Причины этого не вполне ясны. Возможно, все дело в сложности ритма или сочетании типичных для танго составляющих: шаги назад, повороты, смена темпа и частые остановки.

---

[15] «Я храбро иду вперед». Стихотворение Генрика Ибсена (1853).

[16] «Курочки Пола». Норвежская народная песня.



Подсказки (cuing)

Во время танца – одиночного или парного – тело подчиняется внешнему ритму. Человек способен спонтанно двигаться согласно внешнему ритму – это свойство характерно только для нашего биологического вида. Люди с болезнью Паркинсона зачастую используют танец для того, чтобы улучшить подвижность, поскольку одним из основных симптомов заболевания являются большие трудности с инициацией движений и их выполнением. Когда пациент начинает идти, зачастую ему начинает казаться, что ноги приклеились к полу, и он отказывается двигаться. А если все же идет, то медленно и запинаясь, очень маленькими шажками. Кроме того, походка больного бывает нетвердой – отчасти потому, что ему никак не помогают руки, а отчасти потому, что слабеют *постуральные рефлексы* (они нужны для равновесия: благодаря им мы автоматически расставляем в стороны руки, когда чувствуем, что падаем). Музыкальный ритм подталкивает человека к началу движения, а затем помогает ему поддерживать темп. Подобного рода подсказки помогают слабеющему внутреннему ритму. Что любопытно, музыка работает эффективнее метронома, даже если ритм одинаков. Исследование, которое проводилось под руководством Дотова, доказало, что биологический ритм более эффективен, чем математически ровные ритмы. Это вполне соответствует результатам исследований, упомянутых в главе «Ритм»: проще следовать ритму, который создал человек, а не компьютер. Музыка, которую, по нашему мнению, сочинил человек, активирует в мозге нейронные сети, связанные с *теорией сознания*, или ментализацией, то есть со способностью поставить себя на место другого человека. Музыка, которую, как нам кажется, сочинила машина, эти нейронные сети, напротив, никак не задействует – мы на интуитивном уровне распознаем живое и человеческое и чувствуем с ним связь. То же самое касается подсказок для людей с болезнью Паркинсона.

Но, разумеется, результат сильно зависит от пациента. Одним музыка помогает значительно улучшить подвижность, другим не помогает совсем. Недавнее исследование под руководством Кошен Де Кок показало, что занятия музыкой помогают усилить эффект от подсказок. Если это так, то у нас хорошие новости. Значит, предположительно, занятия музыкой увеличивают эффективность подсказок, а тем самым и подвижность пациентов с болезнью Паркинсона.

Пение и болезнь Паркинсона

Зачастую речь людей, страдающих болезнью Паркинсона, характеризуют хрипота, низкий уровень громкости и скудная мелодическая вариативность (просодия), из-за чего речь звучит монотонно, а временами совсем неразборчиво. Кроме того, мимика больного становится значительно беднее, что также усложняет общение. Иногда возникают серьезные трудности с глотанием, и постепенно у больного начинает довольно сильно течь слюна. Эти симптомы плохо поддаются медикаментозному лечению, а после оперативного вмешательства могут и вовсе усугубиться. По этой причине Кохавит Элефант, Симен Лагесен и Гейр Ульве Скейе совместно с Объединением по исследованию болезни Паркинсона в Бергене начали пилотный эксперимент, в котором в качестве терапии применялось пение. Испытуемые занимались в группах по часу в неделю. В исследовании использовался ряд показателей для измерения голосовых параметров, шкала уровня депрессии и основанная на видеозаписях программа анализа мимики во время беседы и пения – до, во время и после исследования. Испытуемые действительно стали петь лучше. Кроме того, их речь стала четче, а мимика – богаче (во время бесед и пения). Они также лучше справились с тестами, оценивающими коммуникативные навыки. Результаты оказались весьма многообещающими, а пациенты были столь довольны, что по собственной инициативе оплачивали занятия музыкального терапевта Симена Лагесена уже после формального окончания исследования.

Многообещающие результаты также продемонстрировало множество других исследований с использованием музыкальной терапии: у испытуемых улучшилась речь, уменьшились трудности с глотанием, повысилось общее качество жизни. Согласно выводам одного из них, пение отчасти возвращает пациентам то, что забрала болезнь. Кроме того, песенная терапия оказывает воздействие на ходьбу (как и у пациентов, о которых мы рассказали в начале этой главы), а ритм пения способен заменить пациенту внешние подсказки.

Деменция

Деменция – это не одна болезнь. Это обозначение множества заболеваний мозга, постепенно ухудшающих работу когнитивных функций. Почти всегда страдает память – постепенно пациент становится все более и более забывчивым. Однако болезнь затрагивает и другие функции, в том числе способность ориентироваться и критически оценивать ситуацию, режим сна, контроль эмоций и речь. Деменция почти всегда прогрессирует – состояние пациентов со временем ухудшается, причем, как правило, это происходит в течение многих лет. Им становится все сложнее контролировать свою ежедневную деятельность, и постепенно они начинают испытывать сложности с пониманием ситуаций и узнаванием людей. На поздних стадиях многие пациенты слабо осознают наличие болезни. Иногда появляются галлюцинации и искажается восприятие. Некоторые больные становятся беспокойными или апатичными.

Частота распространения заболевания

По подсчетам, в Норвегии живет примерно 78 000 людей с деменцией. Во всем мире каждый год появляется около 10 000 новых пациентов – по одному каждые четыре секунды. Развитие деменции невозможно остановить, и все случаи этого недуга рано или поздно заканчива-

ются смертью больного. По результатам глобального исследования 2013 года, именно деменция отбирает у населения больше всего лет жизни, в том числе и в Норвегии. Среди людей в возрасте от 70 до 75 лет деменцией страдают около 5 %, а среди людей старше 75 – примерно 15 %.

Причины заболевания

Самая распространенная причина деменции – *болезнь Альцгеймера*, на нее приходится около 60 % случаев. Болезнь зарождается в височной доле, где в мозговой ткани организм накапливает белок *бета-амилоид*. По мере развития болезнь распространяется на другие отделы мозга, и постепенно погибает все больше и больше мозговых клеток. Развитие заболевания порой начинается за много лет до проявления симптомов. Вылечить болезнь Альцгеймера невозможно, но определенные медикаменты и методы способны затормозить ее развитие на ранней стадии.

Вторая по важности причина – так называемая *сосудистая деменция*. Она возникает из-за повторных микроинсультов, зачастую возникающих из-за сужения артерий (см. главу об инсульте). Постепенно ухудшается работа мозга, что и приводит к возникновению симптомов деменции.

Есть еще целый ряд заболеваний, которые могут послужить причинами деменции, но уже гораздо реже. Некоторые настолько эффективно поддаются лечению, что развитие деменции останавливается. Данный факт относится лишь к маленькой группе страдающих деменцией, однако в любом случае необходимо тщательно выяснять причину заболевания при первом же проявлении симптомов.

Музыка и деменция

Как мы уже говорили в начале главы, в теории музыка способна отсрочить проявление симптомов деменции. Благодаря занятиям музыкой мозг становится более устойчивым к влиянию этого заболевания. Есть ли у нас основания это утверждать?

В главе «Эффект музыки» мы описали, какие преимущества имеют взрослые, занимавшиеся музыкой в детстве. Как пожилые люди, которые в детские годы обучались игре на музыкальном инструменте, лучше распознают речь в шумной обстановке, чем те, кто никогда не учился музыке. Кроме того, у пожилых людей, которые в юности играли в оркестре, в среднем лучше память. Они также зрительно лучше воспринимают пространство (имеют лучшие визуально-пространственные способности), чем люди без подобного опыта. У музыкантов-любителей, согласно МРТ-снимкам, мозг «моложе», чем у тех, кто никогда не занимался музыкой.

Музыка и риск развития деменции

Активные занятия музыкой в процессе взросления заметно влияют на многие функции мозга, и этот эффект сохраняется и в зрелом возрасте. Вероятно, есть связь занятий и с развитием симптомов деменции. Это подтверждает эксперимент с близнецами, описанный в главе «Эффект музыки»: у того близнеца из пары, который играл на музыкальном инструменте, уменьшался риск развития деменции по сравнению с братом или сестрой, которые музыкой не занимались. Еще одно любопытное исследование было проведено в 2014 году в Японии. Ученые под руководством Сато разделили 119 пожилых людей без деменции на две группы. Первая просто час в неделю занималась физкультурой с инструктором. У второй во время тренировок к тому же играла музыка. Через год обе группы лучше справлялись с тестами на когнитивные навыки, но у группы, которая занималась под музыку, эффект был куда значительнее. Последующие наблюдения показали, что, судя по МРТ-снимкам, у представителей занимавшейся под музыку группы лучше сохранился объем мозга. Видимо, музыка сама по себе положительно влияет на когнитивные функции и сохранение объема мозга, в том числе

у пожилых людей, даже если просто ее слушать. Однако нам не стоит торопиться с громкими выводами.

Во-первых, даже если обобщить все эти исследования, их не хватит, чтобы доказать, что занятия музыкой помогают отсрочить симптомы деменции. Их результаты говорят лишь о *предполагаемом* наличии подобной связи. Чтобы *подтвердить* его, понадобится намного больше грамотных и обширных исследований, а их проведение потребует больших ресурсов, поскольку огромное количество факторов способно создать путаницу и значительно повлиять на результат.

А во-вторых, (и это важно отметить) мы говорим о *симптомах* деменции. Как уже говорилось раньше, чем сложнее мозг, тем *позже* – если сравнивать с менее сложным мозгом, – у человека проявятся симптомы деменции. Но вряд ли сложность мозга влияет на риск получить *сам диагноз*.

Помогает ли музыка при деменции?

Влияние как активной, так и пассивной музыкальной терапии на людей с деменцией изучалось во время великого множества исследований. Их обобщили несколько обзорных статей, вышедших в последние годы. Наиболее подробная была в 2018 году опубликована Cochrane. Согласно этой статье, качество проведенных исследований очень разное, однако среди них есть довольно много грамотных и позволяющих сделать определенные выводы. Согласно обзору Cochrane, на сегодня известно, что «основанная на музыке терапия» умеренно влияет на симптомы депрессии и проблемное поведение у живущих в спецучреждениях пациентов с деменцией, однако однозначного подтверждения положительному воздействию на моторную тревогу и агрессию нет. Существуют исследования, утверждающие, что «основанная на музыке терапия» уменьшает тревожность и улучшает качество жизни у больных деменцией, однако об этом нельзя сказать однозначно. При сравнении исследований друг с другом главной проблемой являются отличия в выбранных принципах лечения (поэтому выражение «основанная на музыке терапия» мы взяли в кавычки). Одни исследования применяют методы музыкальной терапии, в других музыка сопровождает физическую активность, в третьих испытуемые пассивно слушают музыку или поют, а в некоторых отделениях для пациентов с деменцией играет фоновая музыка. Поэтому проведенные исследования очень сложно сравнивать. Приведем в качестве примера эксперимент под руководством Наира. В отделении, где находилось 14 пациентов с деменцией, по ночам играла спокойная фоновая музыка – произведения эпохи барокко (Гендель, Бах, Вивальди и Корелли). Эксперимент продолжался шесть недель: две недели без музыки, затем две недели с музыкой по ночам и снова две недели без музыки. Результат поразил ученых: в тот период, когда по ночам играла музыка, количество случаев «неадекватного поведения» у больных сократилось на 40 %! Возникла лишь одна проблема: позже исследователи повторили эксперимент в другом, более крупном отделении для больных с деменцией и получили абсолютно противоположный результат. В те ночи, когда играла музыка, больные становились *более* беспокойными. И до сих пор не известно, почему так происходило. Ученые предполагали, что, возможно, музыка была слишком громкой или слишком быстрой – или же у пациентов были разные музыкальные предпочтения. Тем не менее эксперимент показывает, какие именно ограничения накладывает на количественные исследования подобная проблематика, ведь как предпринимаемые действия, так и ответная реакция на них весьма сложны и значительно отличаются друг от друга. Эксперимент также дает понять, насколько опасно делать выводы, исходя лишь из результатов одного исследования.

Однако в данном случае все-таки можно сделать четкие выводы. У нас есть как теоретические, так и клинические основания превратить музыку в важную составляющую ухода за пациентами. Есть также основания говорить о том, что музыка положительно влияет на депрессию, поведение, тревожность, а также на общее качество жизни больных с деменцией.

Однако не вполне ясно, какие именно формы музыкальной терапии дают наилучший эффект. Стоит принять во внимание, что ни одна форма лечения деменции не продемонстрировала особо значимого эффекта, а лишь на время облегчила симптомы. Поэтому нам, несомненно, требуется как можно больше качественных исследований о воздействии музыкальной терапии на больных с деменцией.

Что примечательно, во всех фазах деменции и музыкальность, и память на музыку сохраняются в хорошем состоянии. Есть множество примеров пациентов, у которых настолько серьезная форма деменции, что они не могут говорить, однако могут подпевать знакомым песням. Доказано, что даже на самой тяжелой стадии болезни, когда пациент едва реагирует на другие стимулы, он вполне явно реагирует на музыку. В 2015 году в журнале *Brain* было опубликовано исследование: сначала ученые с помощью функциональной МРТ исследовали группу здоровых молодых людей, чтобы понять, какие зоны мозга активируются у человека, который слушает знакомую музыку. Оказалось, это *передняя поясная кора* и *вентральная передняя дополнительная моторная область*. Затем ученые исследовали те же самые отделы мозга у людей с болезнью Альцгеймера. Что интересно, именно эти отделы мозга болезнь поразила меньше остальных (судя по степени атрофии головного мозга и количеству отложений белка). Даже на поздней стадии болезни Альцгеймера пациенты способны понимать и помнить музыку, и этот факт отражается на мозге – зоны, отвечающие за музыкальную память, у них относительно сохранны.

Младенцы, как мы уже говорили, понимают музыку и реагируют на нее задолго до того, как начинают говорить и понимать значение слов. Что интересно, у больных деменцией развитие идет в обратном направлении, при этом музыка уходит последней. Другими словами, музыка сопровождает нас на протяжении всей жизни. Это наша первая форма коммуникации – она же и последняя.



Благодарности

Мы, Гейр Ульве и Аре, много лет преподавали нейробиологию музыки соответственно в Музыкальной академии имени Грига в Бергене, а также в Норвежской музыкальной академии в Осло. Идея написать книгу выросла из потребности, одновременно возникшей у нас обоих. Учебников по этой интереснейшей дисциплине нет, и нашим студентам приходится обращаться к сложным и не слишком пригодным для обучения научным статьям по нейробиологии. Книга, которую вы держите в руках, – попытка восполнить этот пробел. Одновременно это попытка обсудить с более широкой аудиторией две самые интересные с нашей точки зрения темы – мозг и музыку, ведь у всех нас есть мозг и все (ну, или почти все) интересуются музыкой.

В первую очередь мы выражаем благодарность студентам Музыкальной академии имени Грига и Норвежской музыкальной академии. Много лет вы объясняли нам, какие сложности вызывает наша дисциплина и как лучше всего их прояснить. По содержанию книги можно судить, насколько хорошо мы у вас учились.

Редактор Лине Кристиансен из издательства Cappelen Damm с первых минут оказала нам, двум ученым-энтузиастам, радушный прием. Будучи бесконечно терпеливой, эрудированной и мудрой, она наставляла нас, вдохновляла, подбадривала и подталкивала к завершению работы над книгой. Без нее мы бы до сих пор растерянно бродили в тумане идей.

Мы бесконечно гордимся совместной работой с иллюстратором Ибен Саннемусе. Ибен разобралась в том, какой материал может вызвать наибольшие трудности у читателя и что именно нам было сложнее облечь в словесную форму. А еще она подарила именно этим частям особые черты и формы, а также прекрасные крылья юмора. Спасибо, Ибен.

Фонд имени Г. К. Рибера с 1929 года поддерживает ряд полезных культурных и оздоровительных инициатив, работающих с такими темами, как бедность и климат. Эта организация много лет оказывает неоценимую поддержку объединению музыкальных терапевтов в Бергене, и она также проявила щедрость и поощрила написание этой книги, выдав грант Гейру Ульве.

И последняя, но самая важная благодарность – нашим близким, которые зачастую жертвовали выходными и вечерами, чтобы мы могли работать над столь любопытным и трудоемким проектом.

Осло и Берген, январь 2019 года
Гейр Ульве Скейе и Аре Бреан



Литература

Когда появилась музыка?

Blacking, J.: *How Musical is Man?* University of Washington Press, Seattle, USA, 1973.

Дарвин Ч. Происхождение видов. – М.: Эксмо, 2016.

Mithen, S.J.: *The Singing Neanderthals: the Origins of Music, Language, Mind and Body*. Harvard University Press, Cambridge, 2006.

Trevarthen, C.: «Musicality and the intrinsic motive pulse: evidence from human psychobiology and infant communication.» *Musicae Scienticae*, 1999; 3: 155–215.

Winkler, I., Haden, G.P., Ladinig, O., Sziller, I. og Honing, H.: «Newborn infants detect the beat in music.» *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2009; 106: 2468–2471.

От волн в воздухе – к электрическим импульсам в мозге

Clack, J.A.: «Patterns and processes in the early evolution of the tetrapod ear.» *Journal of Neurobiology* 2002; 53: 251–64.

Ericsson, A. og Pool, R.: *Peak: Secrets from the New Science of Expertise*. Eamon Dolan/ Houghton Mifflin Harcourt, 2016.

От звука – к тону

Deutsch, D.: «The Tritone Paradox: An Influence of Language on Music Perception.» *Music Perception: An Interdisciplinary Journal* 1991, 8: 335–347.

Loui, P., Zamm, A. og Schlaug, G.: «Absolute pitch and synaesthesia: Two sides of the same coin? Shared and distinct neural substrates of music listening.» *International Conference on Music Perception and Cognition* 2012: 618–623.

Mulvenna, C.M.: «Synaesthesia, the arts and creativity: a neurological connection.» *Frontiers of Neurology and Neuroscience* 2007; 22:206–222.

Ramachandran, V.S. og Hubbard, E.M.: «Synaesthesia: A window into perception, thought and language.» *Journal of Consciousness Studies* 2001; 8: 3–34.

Tan, Y.T., McPherson, G.E., Peretz, I., Berkovic, S.F. og Wilson, S.J.: «The genetic basis of music ability.» *Frontiers of Psychology* 2014; 27: 658. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00658.

От тона – к тембру, мелодии и гармонии

Bidelman, G.M. og Krishnan, A.: «Neural correlates of consonance, dissonance, and the hierarchy of musical pitch in the human brainstem.» *Journal of Neuroscience* 2009; 29: 13165–13171.

Blood, A. et al.: «Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions.» *Nature Neuroscience* 1999; 2: 382–387.

Bregman, A.S.: «Auditory scene analysis.» I Basbaum, A.I., Koneko, A., Shepherd, G.M. og Westheimer, G. (red.): *The Senses: A Comprehensive Reference, Vol. 3*, s. 861–870. Academic Press, San Diego, 2008.

González-García, N., González, M.A. og Rendón, P.L.: «Neural activity related to discrimination and vocal production of consonant and dissonant musical intervals.» *Brain Res*. 2016; 15: 59–69.

Isacoff, S.: *Temperament: How music became a battleground for the great minds of western civilization*. Vintage books, Penguin Random House, New York, 2003.

Jourdain, R.: *Music, the Brain, and Ecstasy – How music captures our imagination*. William Morrow Paperbacks, 2008.

Tramo, M.J., Cariani, P.A., Delgutte, B. og Braida, L.D.: «Neuro-biological foundations for the theory of harmony in western tonal music.» *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2001; 930: 92–116.

Virtala, P., Huotilainen, M., Partanen, E., Fellman, V. og Tervaniemi, M.: «Newborn infants' auditory system is sensitive to Western music chord categories.» *Frontiers in Psychology* 2013; 7: 492. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00492.

Ритм

Chatwin, B.: *The songlines*. Vintage books, Penguin Random House, London, 1987.

Hannon, E.E.: «Perceiving speech rhythm in music: listeners classify instrumental songs according to language of origin.» *Cognition* 2009; 111: 404–10.

Канеман Д. Думай медленно… решай быстро. – М.: АСТ, 2014.

А. Лурия. Маленькая книжка о большой памяти (Ум мнемониста). – М.: Эйдос, 1994.

Patel, A.D., Iversen, J.R. og Rosenberg, J.C.: «Comparing the rhythm and melody of speech and music: the case of British English and French.» *The Journal of the Acoustical Society of America* 2006; 119: 3034–47.

Shaw, J.: *The Memory Illusion – Remembering, Forgetting, and the Science of False Memory*. Random House Books, New York, 2017.

Soley et al.: «Infants prefer the musical meter of their own culture: A cross-cultural comparison.» *Developmental Psychology*. 2010; 46: 286–292.

Steinbeis, N. og Koelsch, S.: «Understanding the intentions behind man-made products elicits neural activity in areas dedicated to mental state attribution.» *Cerebral Cortex* 2009; 19: 619–23.

Vuust, P., Gebauer, L.K. og Witek, M.A.: «Neural underpinnings of music: the polyrhythmic brain.» *Advances in Experimental Medicine and Biology* 2014; 829: 339–56.

От музыки – к эмоции

Arjmand, H.A., Hohagen. J., Paton., B. og Rickard, N.S.: «Emotional Responses to Music: Shifts in Frontal Brain Asymmetry Mark Periods of Musical Change.» *Frontiers in Psychology* 2017; 8: 2044.

Beaty, R.E.: «The neuroscience of musical improvisation.» *Neuroscience and biobehavioral reviews* 2015; 51: 108–117.

Bode, S. og Hanxi, A. et al.: «Decisions using ultra-high field fMRI.» *PLOS One* 2011; 6: e21612.

Curtis, M.E. og Bharucha, J.J.: «The minor third communicates sadness in speech, mirroring its use in music.» *Emotion* 2010; 10: 335–48.

Damasio, A.R.: *The feeling of what happens. Body and Emotion in the Making of Consciousness*. Harcourt Brace & Company, New York, 1999.

Deutsch, D., North, T. og Ray, L.: «The tritone paradox: correlate with the listener's vocal range for speech.» *Music Perception* 1990; 7: 371–384.

Juslin, P.N.: «From everyday emotions to aesthetic emotions: towards a unified theory of musical emotions.» *Physics of Life Reviews* 2013; 10: 235–66.

Koelsch, S., Fritx D. Y., Müller, K. og Friederici, A.D.: «Investigating emotion with music: an fMRI study.» *Human Brain Mapping* 2006; 27: 239–250.

Limb, C.L. og Braun, A.R.: «Neural substrates of spontaneous musical performance. An fMRI study of jazz improvisation.» *PLOS One* 2008; 3: e1679.

Patel, A.D., Iversen, J.R. og Rosenberg, J.C.: «Comparing the rhythm and melody of speech and music: the case of British English and French.» *The Journal of the Acoustical Society of America* 2006; 119: 3034–47.

Pinho, A., de Manzano, Ö., Fransson, P., Eriksson, H. og Ullén, F.: «Connecting to create: expertise in musical improvisation is associated with increased functional connectivity between premotor and prefrontal areas.» *Journal of Neuroscience* 2015; 34: 6156–6163.

Poon, M. og Schutz, M.: «Cueing musical emotions: An empirical analysis of 24-piece sets by Bach and Chopin documents parallels with emotional speech.» *Frontiers in Psychology* 2015; 2; 6: 1419.

Pressing, J.: «Improvisation: methods and models.» I: Sloboda, J.A. (red.): *Generative Processes in Music: The Psychology of Performance, Improvisation, and Composition*. Clarendon Press, Oxford, 1988.

Rizzolatti, G., Sinigaglia, C. og Anderson, F.: *Mirrors in the brain: how our minds share actions and emotions*. Oxford University Press, Oxford, 2008.

Sachs, M.E., Damasio, A. og Habibi, A.: «The pleasures of sad music: a systematic review.» *Frontiers in Human Neuroscience* 2015; 9: 404.

Shoemark, H., Hanson-Abromeit, D. og Stewart, L.: «Constructing optimal experience for the hospitalized newborn through neuro-based music therapy.» *Frontiers in Human Neuroscience* 2015; 9: 487.

Trehub, S.E, Ghazban, N. og Corbeil, M.: «Musical affect regulation in infancy.» *Annals of the New York Academy of Sciences* 2015; 1337: 186–92.

Trondalen, G. og Oveland, S.: «The Bonny Method of Guide Imagery and Music (BMGIM).» I: Trondalen, G. og Ruud, E.: *Perspektiver på musikk og helse. 30 år med norsk musikkterapi*. Skriftserie fra Senter for musikk og helse. NMH-publikasjoner, 2008: 3.

Нейропластичность

Chaudhury S., Sharma, V. og Kumar, V. et al.: «Activity-dependent synaptic plasticity modulates the critical phase of brain development.» *Brain and Development* 2016; 38: 355–63.

Kempermann, G., Gage, F.H. og Aigner, L. et al.: «Human Adult Neurogenesis: Evidence and Remaining Questions.» *Cell Stem Cell*. 2018; 23: 25–30.

Kim, S.G. og Knösche, T.R.: «On the Perceptual Subprocess of Absolute Pitch.» *Frontiers in Neuroscience* 2017; 11: 557. doi: 10.3389/fnins.2017.00557.

Merzenich, M.M., Van Vleet, T.M. og Nahum, M.: «Brain plasticity-based therapeutics.» *Frontiers in Human Neuroscience* 2014; 8: 385. doi: 10.3389/fnhum.2014.00385.

Исполнение музыкального произведения

Darold, A.T.: «The savant syndrome: an extraordinary condition. A synopsis: past, present, future.» *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 2009; 364: 1351–1357.

Haueisen, J. og Knösche, T.R.: «Involuntary motor activity in pianists evoked by music perception.» *Journal of Cognitive Neuroscience* 2001;13:786–92.

Howe, M.J.A., Davidson, J.W., Sloboda, J.A.: «Innate talents: reality or myth?» *Behavioral and Brain Sciences* 1998; 21: 399–407.

Krings, T. et al.: «Cortical activation patterns during complex motor tasks in piano players and control subjects. A functional magnetic resonance imaging study.» *Neuroscience Letters* 2000; 278: 189–193.

Lahav, A., Saltzman, E., Schlaug, G. et al.: «Action representation of sound: audiomotor recognition network while listening to newly acquired actions.» *Journal of Neuroscience* 2007; 27: 308–314.

Levitin, D.: *This is your brain on music: The science of a human obsession*. Dutton, New York, 2006.

Münte, T.F., Altenmüller, E. og Jäncke, L.: «The musician's brain as a model of neuroplasticity.» *Nature Reviews Neuroscience* 2002; 3: 473–478.

Robertson, P.: «What is musical genius?» *Clinical Medicine*; London 2008; 8: 178–181.

Stewart, L., Henson, R., Kampe, K. et al.: «Brain changes after learning to read and play music.» *NeuroImage* 2003; 20: 71–83.

Swaminathan, S. og Schellenberg, E.G.: «Musical Competence is Predicted by Music Training, Cognitive Abilities, and Personality.» *Scientific Reports* 2018; 8: 9223.

Vines, B.W., Krumhansl, C.L., Wanderley, M.M. et al.: «Music to my eyes: cross-modal interactions in the perception of emotions in musical performance.» *Cognition* 2011;118:157–70.

Мозг музыканта

Ericsson, A.K., Prietula, M.J., Cokely, E.T.: «The Making of an Expert.» *Harvard Business Review* 2007.

Maguire, E.A., Gadian, D.G. og Johnsrude, I.S.: «Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers.» *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2000; 97: 4398–4403.

Schlaug, G.: «Musicians and music making as a model for the study of brain plasticity.» *Progress in Brain Research* 2015; 217: 37–55.

Schlaug, G.: «The brain of musicians.» I Peretz, I. og Zatorre, R.: *The cognitive neuroscience of music*. Oxford University Press, Oxford, 2009.

Steele, C.J., Bailey, J.A. og Zatorre, R.J. et al.: «Early Musical Training and White-Matter Plasticity in the Corpus Callosum: Evidence for a Sensitive Period.» *Journal of Neuroscience* 2013; 33: 1282–1290.

Эффект музыки

Balbag, M.A., Pedersen, N.L. og Gatz, M.: «Playing a Musical Instrument as a Protective Factor against Dementia and Cognitive Impairment: A Population-Based Twin Study.» *International Journal of Alzheimer's Disease* 2014; 2014: 836748.

Costa-Giomo, E.: «The Effects of Three Years of Piano Instruction on Children's Cognitive Development.» *Journal of Research in Music Education* 1999.

Dumont, E., Syurina, E.V., Feron, F.J.M. og van Hooren, S.: «Music Interventions and Child Development: A Critical Review and Further Directions.» *Frontiers in Psychology* 2017; 8: 1694.

Hanna-Pladdy, B. og MacKay, A.: «The relation between instrumental musical activity and cognitive aging.» *Neuropsychology* 2011; 25: 378–86.

Hassler, M., Birbaumer, N. og Feil, A.: «Musical Talent and Visual-Spatial Abilities: A Longitudinal Study.» *Psychology of Music* 1985; 13: 99–113.

Jaschke, A.C., Honing, H. og Scherder, E.J.A.: «Longitudinal Analysis of Music Education on Executive Functions in Primary School Children.» *Frontiers in Neuroscience* 2018; 12: 103.

Kraus, N., Slater, J. og Thompson, E.C. et al.: «Music enrichment programs improve the neural encoding of speech in at-risk children.» *Journal of Neuroscience* 2014; 34: 11913–8.

Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R. et al.: «Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function.» *Psychological Science* 2011; 22: 1425–33.

Nantais, K.M. og Schellenberg, E.G.: «The Mozart effect: An artefact of preference.» *Psychological Science* 1999; 10: 370–373.

Patel, A.D.: «Why would Musical Training Benefit the Neural Encoding of Speech? The OPERA Hypothesis.» *Frontiers in Psychology* 2011; 2: 142.

Rauscher, F.H., Shaw, G.L., Ky, K.N.: «Music and spatial task performance.» *Nature* 1993; 365: 611.

Roden, I., Kreutz, G. og Bongard, S.: «Effects of a school-based instrumental music program on verbal and visual memory in primary school children: a longitudinal study.» *Frontiers in Psychology* 2012; 3: 572.

Rogenmoser, L., Kernbach, J., Schlaug, G. og Gaser, C.: «Keeping brains young with making music.» *Brain Structure & Function* 2018;223:297–305.

Schellenberg, E.G.: «Does exposure to music have beneficial side effects?» I Peretz, I. og Zatorre, R.: *The cognitive neuroscience of music*. Oxford University Press, New York, 2009.

Strait, D.L., Kraus, N., Skoe, E. og Ashley, R.: «Musical experience and neural efficiency: effects of training on subcortical processing of vocal expressions of emotion.» *European Journal of Neuroscience* 2009; 29: 661–8.

Thompson, W.F., Schellenberg, E.G. og Husain, G.: «Arousal mood and the Mozart effect.» *Psychological Science* 2001; 12: 248–251.

Tierney, A.T., Krizman, J. og Kraus, N.: «Music training alters the course of adolescent auditory development.» *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2015; 112: 10062–7.

White-Schwoch, T., Woodruff Carr, K., Anderson, S. et al.: «Older adults benefit from music training early in life: biological evidence for long-term training-driven plasticity.» *Journal of Neuroscience* 2013; 33: 17667–74.

Музыка и нарушения развития

Alves-Pinto, A. et al.: «The case for musical instrument training in cerebral palsy for neurorehabilitation.» *Neural Plasticity* 2016; 2016: 1071301.

Alves-Pinto, A., Turova, V. og Blumenstein, T. et al.: «fMRI assessment of neuroplasticity in youths with neurodevelopmental-associated motor disorders after piano training.» *European Journal of Paediatric Neurology* 2015; 19: 15–28.

Bieleninik, L. et al.: «Effects of improvisational music therapy vs enhanced standard care on symptom severity among children with autism spectrum disorder: the TIME-A randomized clinical trial.» *Journal of the American Medical Association* 2017; 318: 525–535.

Geretsegger, M. et al.: «Music therapy for people with autism spectrum disorder.» *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2014.

Gjerstad, L., Helseth, E. og Rootwelt, T.: *Nevrologi og nevrokirurgi – fra barn til voksen*. Forlaget Vett & Viten, 2010.

Guo, X., Ohsawa, C., Suzuki, A. og Sekiyama, K.: «Improved Digit Span in Children after a 6-Week Intervention of Playing a Musical Instrument: An Exploratory Randomized ControlledTrial.» *Frontiers in Psychology* 2018; 8: 2303.

Jackson, N.A.: «A survey of music therapy methods and their role in the treatment of early elementary school children with ADHD.» *Journal of Music Therapy* 2003; 40: 302–323.

Maloy, M. og Peterson, R.: «A meta-analysis of the effectiveness of music interventions for children and adolescents with ADHD.» *Psychomusicology* 2014; 24: 328–339.

Schellenberg, E.G.: «Music lessons enhance IQ.» *Psychological Science* 2004; 15: 511–514.

Ullal-Gupte, S. et al.: «Linking prenatal experience to the emerging musical mind.» *Frontiers in Systems Neuroscience* 2013; 7: 48.

Музыка и инсульт

Einbu, T.: «Syng ordene der talen ikke strekker til.» Torun Einbu, Masteroppgave, Masterprogram i helsefag studieretning logopedi, Institutt for samfunnspsykologi, Universitetet i Bergen, Høst 2006.

Fjærtoft, H. og Indredavik, B.: «Kostnadsvurderinger ved hjerneslag.» *Tidsskrift for Den norske legeforening* 2007; 127: 744–777.

Haro-Martinez, A.M., Lubrini, G., Madero-Jarabo, R. et al.: «Melodic intonation therapy in post-stroke nonfluent aphasia: a randomized pilot trial.» *Clinical Rehabilitation* 2018; 30: 269215518794004.

Magee, W.L., Clark, I., Tamplin, J. og Bradt, J.: «Music interventions for acquired brain injury.» *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017; 20: CD006787.

Mampe, B., Friederici, A.D., Christophe, A. et al.: «Newborns' cry melody is shaped by their native language.» *Current Biology* 2009; 19: 1994–1997.

Pedersen, P.M., Jørgensen, H.S., Nakayama, H. et al.: «Aphasia in acute stroke: incidence, determinants and recovery.» *Annals of Neurology* 1995; 38: 659–666.

Särkämö, T., Tervaniemi, M. og Laitinen, S.: «Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke.» *Brain* 2008; 131: 866–876.

Schlaug, G., Marchina, S. og Norton, A.: «Evidence for plasticity in white-matter tracts of patients with chronic Broca's aphasia undergoing intense intonation-based speech therapy.» *Annals of the New York Academy of Sciences* 2009; 1169: 385–394.

Schlaug, G., Norton, A., Marchina, A. et al.: «From singing to speaking: facilitating recovery from nonfluent aphasia.» *Future Neurology* 2010; 5: 657–665.

Scholz, D.S., Rohde, S., Mikmaram, N. et al.: «Sonification of arm movements in stroke rehabilitation – A novel approach in neurologic music therapy.» *Frontiers in Neurology* 2016; 30: 106.

Sihvonen, A.J., Särkämö, T. og Leo, V.: «Music-based interventions in neurological rehabilitation.» *The Lancet Neurology* 2017; 16: 648–660.

Skeie, G.O., Einbu, T. og Aarli, J.A.: «Singing improves word production in two thirds of patients with aphasia.» Mansell Bequest symposia. *I Neurology of music* redigert av Clifford Rose F., Imperial College School of Medicine, Storbritannia, 2010.

Tong, Y., Forreider, B. og Sun, X.: «Music supported therapy (MST) in improving post-stroke patients' upper-limb motor function: a randomised controlled pilot study.» *Neurological Research* 2015; 37: 434–440.

Музыка и психические расстройства

Beck, B.D., Lund, S.T. og Søgaard, U.: «Music therapy versus treatment as usual for refugees diagnosed with posttraumatic stress disorder (PTSD); study protocol for a randomized controlled trial.» *Trials* 2018; 30: 301.

Beck, B.D. og Mumm, H.: «Forskning i musikterapi – posttraumatisk stressbelastning (PTSD).» *Dansk musikterapi* 2015; 12: 10–20.

Bradt, J., Dileo, C. og Shim, M.: «Music interventions for preoperative anxiety.» *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2013; 6: CD006908.

Buse, J. og Roessner, V.: «Neural correlates of processing harmony violation expectancy violations in children and adolescents with OCD.» *Neuroimage: Clinical* 2015; 17: 267–273.

Conrad, C.: «Music for healing: from magic to medicine.» *The Lancet* 2010; 11: 1980–1981.

De Jong, P.J., Vorgae, I. og van den Hout, M.A.: «Countercon ditioning in the treatment of spider phobia: Effects on disgust, fear and valence.» *Behaviour Research and Therapy* 2000; 38: 1055–1069.

Erkkilä, J., Punkanen, M. og Fachner, J. et al.: «Individual music therapy for depression: randomised controlled trial.» *British Journal of Psychiatry* 2011; 199: 132–139. Folkehelserapporten «Helsetilstanden i Norge 2018». Folkehelseinstituttet. Rapport 05/2018.

Funayama, T., Furukawa, T.A. og Nakano, Y. et al. «In-situation behaviors among patients with panic disorder: descritptive and correlational study.» *Psychiatry and Clinical Neurosciences* 2013; 67: 332–339.

Geretsegger, M., Mössler, K.A. og Bieleninik, Ł. et al.: «Music therapy for people with schizophrenia and schizophrenia-like disorders.» *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017; 29: CD004025.

Gold, C., Solli, H.P., Kruger, V. og Lie, S.A.: «Dose-response relationship in music therapy for people with serious mental disorders: Systematic review and meta-analysis.» *Clinical Psychology Review* 2009; 29: 193–207.

Guu, T.W. og Su, K.P.: «Musical creativity and mood bipolarity in Robert Schumann: A tribute on the 200th anniversary of the composer's birth.» *Psychiatry and Clinical neurosciences* 2011; 65: 113–114.

He, H., Yang, M. og Duan, M. et al.: «Music intervention leads to increased insular connectivity and improved clinical symptoms in schizophrenia.» *Frontiers in Neuroscience* 2018; 23: 744. eCollection 2018.

Mason, O. og Daniels, H.: «Psychotic traits in musicians.» *Psychology of Medicin*e 2018; 48: 2096–2097.

Namkung, H., Kim, S.H. og Sawa, A1.: «The insula: an underestimated brain area in clinical neuroscience, psychiatry, and neurology.» *Trends in Neurosciences* 2017; 40: 200–207.

«Nasjonal faglig retningslinje for utredning, behandling og oppfølging av personer med psykoselidelser.» Helsedirektoratet 2013. IS-1957.

Sapir R., Zohar, A.H. og Bersudsky, Y. et al.: «Behavioral addicitions in euthymic patients with bipolar I disorder: a comparison to controls.» *International Journal of Bipolar Disorders* 2013; 23: 27. eCollection 2013.

Shiranibidabadi, S. og Mehryar, A.: «Music therapy as an adjunct to standard treatment of obsessive compulsive disorder and comorbid anxiety and depression: A randomized clinical trial.» *Journal of Affective Disorders* 2015; 15: 13–17.

Taylor, S., McKay, D. og Euripides, C.M. et al.: «Musical obsessions: A comprehensive review of a neglected clinical phenomena.» *Journal of Anxiety Disorders* 2014; 28: 580–589.

Vives, J.M.: «¢Little Hans¢: From his phobic episode to becoming an opera director.» *International Journal of Psychoanalysis* 2012; 93: 863–878.

Yang, M., He, H., Duan, M. et al.: «The effects of music intervention on functional connectivity strength of the brain in schizo-phrenia.» *Neural Plasticity* 2018; 2: 2018. eCollection 2018.

Aalbers, S., Fusar-Poli, L., Freeman, R.E. et al.: «Music therapy for depression.» *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2017; 16: CD004517.

Музыка и болевые синдромы

Bosanquet, D.C.: «Making music in the operating theatre.» *British Medical Journal* 2014; 349: g7436

Bradt, J., Dileo, C., Magill, L. og Teague, A.: «Music interventions for improving psychological and physical outcomes in cancer patients.» *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2016; 15: CD006911.

Bradt, J., Dileo, C. og Shim, M.: «Music interventions for preoperative anxiety.» *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2013; 6: CD006908.

Cox, J.J., Reimann, F., Nicholas, A.K. et al.: «An SCN9A channelopathy causes congenital inability to experience pain.» *Nature* 2006; 444: 894–898.

Garza Villarreal, E.A., Brattico, E., Vase, L. et al.: «Superior analgesic effect of an active distraction versus pleasant unfamiliar sounds and music: the influence of emotion and cognitive style.» *PLOS One* 2012; 7: e29397.

Garza-Villarreal, E.A., Pando, V., Vuust, P. og Parsons, C.: «Music-Induced Analgesia in Chronic Pain Conditions: A Systematic Review and Meta-Analysis.» *Pain Physician* 2017; 20: 597–610.

Garza-Villarreal, E.A., Wilson, A.D. og Vase, L.: «Music reduces pain and increases functional mobility in fibromyalgia.» *Frontiers in Psychology* 2014. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00090.

Hole, J., Hirsch, M., Ball, E. og Meads, C.: «Music as an aid for postoperative recovery in adults: a systematic review and metaanalysis.» *The Lancet* 2015; 386: 1659–1671.

Kühlmann, A.Y.R, de Rooij, A., Kroese, L.F. et al.: «Metaanalysis evaluating music interventions for anxiety and pain in surgery.» *British Journal of Surgery* 2018; 105: 773–783.

Lee, J.H.: «The Effects of Music on Pain: A Meta-Analysis.» *Journal of Music Therapy* 2016; 53: 430–477.

Mitchell, L., Macdonald, R. og Brodie, E.: «A comparison of the effects of preferred music, arithmetic and humour on cold pressor pain.» *European Journal of Pain* 2006; 10: 343–351.

Найтингейл Ф. Записки об уходе. – М.: Русский врач, 2002.

Roy, M., Mailhot, J.P., Gosselin, N. et al.: «Modulation of the startle reflex by pleasant and unpleasant music.» *International Journal of Psychophysiology* 2009; 71: 37–42.

Salimpoor, V.N., Benovoy, M. og Larcher, K. et al.: «Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music.» *Nature Neuroscience* 2011; 14: 257–262.

Shackman, A.J., Salomons, T.V., Slagter, H.A. et al.: «The integration of negative affect, pain and cognitive control in the cingulate cortex.» *Nature Reviews Neuroscience* 2011; 12: 154–167.

Wang, M.C., Zhang, L.Y., Zhang, Y.L. et al.: «Effect of music in endoscopy procedures: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.» *Pain Medicine* 2014; 15: 1786–1794.

Музыка, деменция и болезнь Паркинсона

Brean, A.: «Når hjernen svikter.» *Tidsskrift for Den norske legeforening* 2011; 131: 2217.

Christie, G.J., Hamilton, T. og Bradley D. M. et al.: «Do Lifestyle Activities Protect Against Cognitive Decline in Aging?» A Review. *Frontiers in Aging Neuroscience* 2017; 9: 381.

Cochen De Cock, V., Dotov, D.G., Ihalainen, P. et al.: «Rhythmic abilities and musical training in Parkinson's disease: do they help?» *npj Parkinson's Disease* 2018: 23; 4:8.

De Lange, A.G., Bråthen, A.C., Grydeland, H. et al.: «White matter integrity as a marker for cognitive plasticity in aging.» *Neurobiology of Aging* 2016; 47: 74–82.

Dotov, D.G., Bayard, S. og Cochen de Cock, V. et al.: «Biologically variable rhythmic auditory cues are superior to isochronous cues in fostering natural gait variability in Parkinson's disease.» *Gait Posture* 2017; 51: 64–69.

Elefant, C., Baker, F.A., Lotan, M., Lagesen, S.K. og Skeie, G.O.: «The effect of group music therapy on mood, speech, and singing in individuals with Parkinson's disease – a feasibility study.» *Journal of Music Therapy* 2012; 49: 278–302.

Jacobsen, J.H., Stelzer, J., Fritz, T.H.: «Why musical memory can be preserved in advanced Alzheimer's disease.» *Brain* 2015; 138: 2438–2450.

McNeely, M.E., Duncan, R.P., Earhart, G.: «A comparison of dance interventions in people with Parkinson disease and older adults.» *Maturitas* 2015; 81: m10–6.

McNeely, M.E., Mai, M.M., Duncan, R.P. og Earhart, G.M.: «Differential Effects of Tango Versus Dance for PD in Parkinson Disease». *Frontiers in Aging Neuroscience* 2015; 7: 239.

Nair, B.R., Browne, W., Marley, J. og Heim, C.: «Music and dementia.» *Degenerative Neurological and Neuromuscular Disease* 2013; 3: 47–51.

Satoh, M., Ogawa, J., Tokita, T. et al.: «The effects of physical exercise with music on cognitive function of elderly people: Mihama-Kiho project.» *PLOS One* 2014; 25: e95230.

Sihvonen, A.J., Särkämö, T., Leo, V. et al.: «Music based interventions in neurological rehabilitation.» *The Lancet Neurology* 2017; 16: 648–660.

Strand, B.H., Tambs, K., Engedal, K. et al.: «Hvor mange har demens i Norge?» *Tidsskrift for Den norske legeforening* 2014; 134: 276–277.

Tabei, K.I., Satoh, M., Ogawa, J.I.: «Physical Exercise with Music Reduces Gray and White Matter Loss in the Frontal Cortex of Elderly People: The Mihama-Kiho Scan Project.» *Frontiers in Aging Neuroscience* 2017; 7: 174.

Van der Steen, J.T., Smaling, H.J., van der Wouden, J.C. et al.: «Music-based therapeutic interventions for people with dementia.» *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2018; 23: CD003477.

Vikene, K., Skeie, G.O og Specht, K.: «Abnormal phasic activity in saliency network, motor areas, and basal ganglia in Parkinson's disease during rhythm perception.» *Human Brain Mapping October* 2018. DOI: 10.1002/hbm.24421